

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE



Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département : Génie des Procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etude

2^{ème} Année Master

=====
**Analyses physicochimiques des eaux industrielles de la
raffinerie RA1K de Skikda**
=====

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés et des matériaux

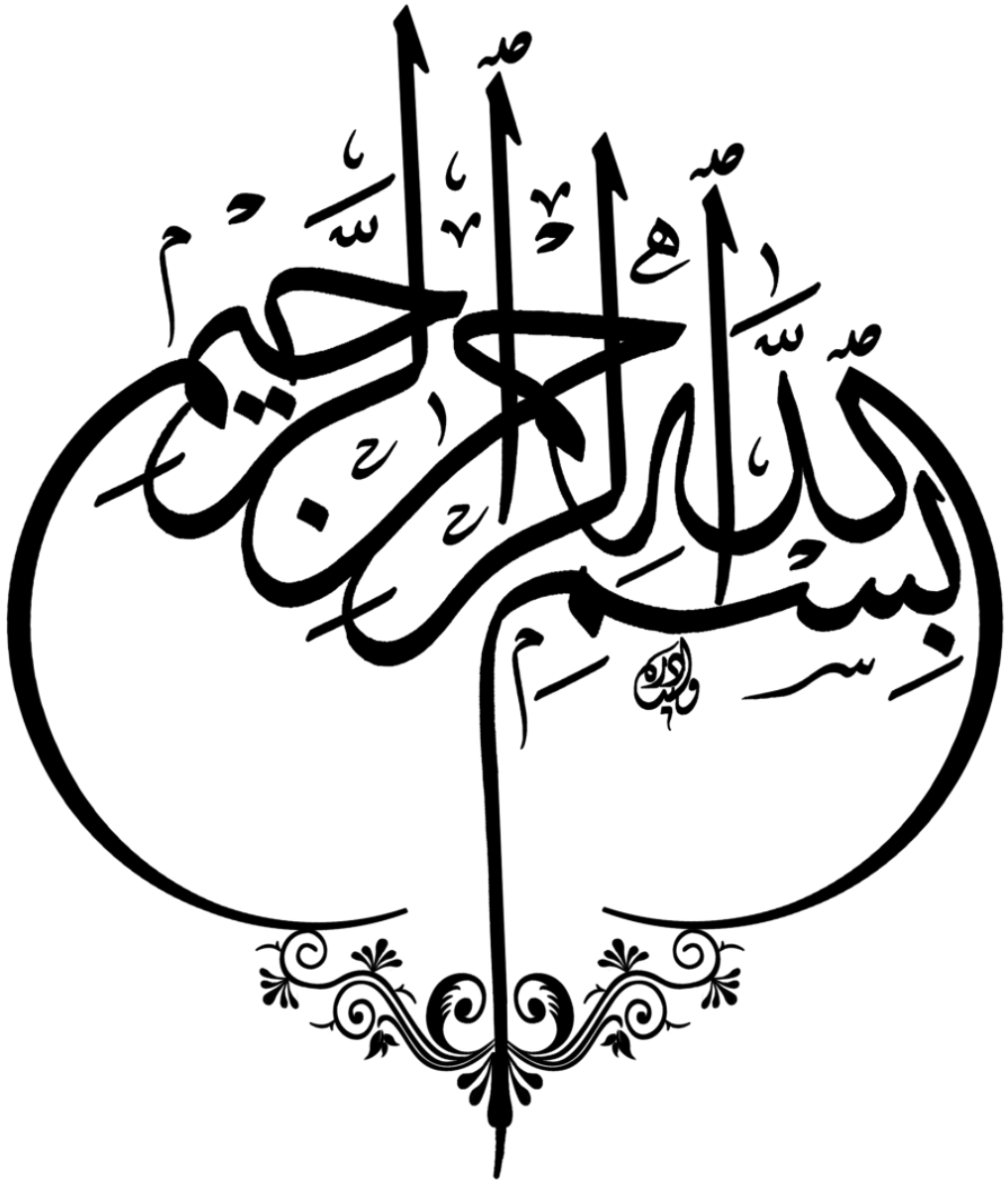
Présenté par :

BOUABID Islam

SALAH Youcef Islem

Sous la Direction de : Dr. BAHLOUL Abida

Juin 2024



REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont en premier lieu à Allah le tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a données durant toutes ces longues années.

Nous adressons également nos profonds remerciements à notre encadreur, Madame BAHLOUL Abida, Docteur à l'Université de Guelma, pour son aide et ses conseils durant toute la période de préparation de ce travail.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des membres de jury.

Nous tenons particulièrement à exprimer nos remerciements à tous les enseignants du Département de Génie des Procédés, Université de Guelma.

Nos remerciements vont aussi à tous le personnel de l'unité RA1K de la raffinerie de SKIKDA.

Enfin, un grand merci à tous ceux, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents

Ma Mère pour sa patience et son amour

Mon père au symbole de force et générosité et douaa

Ames chers Frères Toutou et Badis

A mon collègue Youcef et tous mes amis Aymen

,Abdou, Adlen, Ahmed, Raïd, djalil, Oussama Biber, Dyaa,

Aymen Tgr, Abdallah

Loubana, Islam, Nadir, Halim, Lawis, Youcef, Anis, Abo baker

barmou

A toute ma Famille

A toute ma promo 2024

A tous puissant qui m'a donné la force et le courage d'étudier,

*A tous ce qui de près ou loin m'ont soutenu sur le chemin du
succès*

Islam Cheta

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont été mes piliers tout au long de ce parcours académique :

À mes parents, dont le soutien indéfectible et l'amour inconditionnel ont été ma source d'inspiration et de motivation. Vous m'avez toujours encouragé à poursuivre mes rêves, et pour cela, je vous suis éternellement reconnaissant.

À mes sœurs, dont le soutien et l'affection ont été un phare dans les moments sombres et une source de joie dans les moments de triomphe.

À mon frère bien-aimé, Kchikch, qui a toujours été présent à mes côtés, me prodiguant conseils et encouragements.

À mes neveux et nièces

Je souhaite également adresser une dédicace spéciale à Madame Bahloul Abida, dont l'enseignement inspirant et l'accompagnement bienveillant ont façonné ma vision du monde académique.

À Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire.

À Toute ma famille Tout ceux qui m'aiment et que j'aime

Youcef

Table des matières

| | |
|---|---|
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des abréviations | |
| Introduction----- | 1 |
| Références bibliographiques de l'introduction ----- | 3 |

Chapitre I: Présentation de la raffinerie de Skikda

| | |
|--|----|
| I.1. INTRODUCTION ----- | 5 |
| I.2. La raffinerie de Skikda RA1K ----- | 5 |
| I.3. Situation géographique----- | 6 |
| I.4. Présentation des différentes unités de production ----- | 6 |
| I.5. Centrale thermoélectrique (CTE)----- | 9 |
| I.6. Station de dosage des réactifs chimiques----- | 15 |
| I.7. L'objectif de la raffinerie de Skikda RA1K----- | 15 |
| Références bibliographiques du chapitre I ----- | 16 |

Chapitre II: L'eau et la pollution

| | |
|---|----|
| II.1. Définition des effluents ----- | 18 |
| II.2. Différents types de rejets industriels ----- | 18 |
| II.2.1. Eaux des circuits de refroidissement----- | 18 |
| II.2.2. Eaux de lavage des sols et machines----- | 18 |
| II.2.3. Eaux de fabrication----- | 18 |
| II.2.4. Rejets des services généraux ----- | 19 |
| II.3. Les propriétés physiques et chimiques de l'eau ----- | 19 |
| II.4. Origine des polluants et types de pollutions industrielles----- | 20 |
| II.4.1. Pollution physique----- | 20 |
| II.4.1.1. Pollution mécanique ----- | 20 |
| II.4.1.2. Pollution thermique ----- | 20 |
| II.4.1.3. Pollution radioactive ----- | 20 |
| II.4.2. Pollution chimique ----- | 20 |

| | |
|--|----|
| II.4.2.1. Pollution organique ----- | 21 |
| II.4.2.2. Pollution minérale ----- | 21 |
| II.4.3. La pollution biologique ----- | 22 |
| II.4.4. Paramètres organoleptiques ----- | 22 |
| II.4.5. Paramètres physiques ----- | 22 |
| II.4.6. Paramètres chimiques ----- | 23 |
| II.4.7. Autres paramètres ----- | 24 |
| II.5. Traitement des eaux de chaudière ----- | 24 |
| II.5.1. Introduction ----- | 24 |
| II.5.2. Traitement par la morpholine ----- | 24 |
| II.5.2.1. Définition ----- | 24 |
| II.5.2.2. Traitement par Dégazage ----- | 25 |
| II.6. Traitement par phosphate trisodique (Na_3PO_4) ----- | 28 |
| II.6.1. Définition ----- | 28 |
| Références bibliographiques du chapitre II ----- | 30 |

Chapitre III: Matériels et méthodes d'analyses

| | |
|--|----|
| III.1. Introduction ----- | 33 |
| III.2. Analyse des eaux ----- | 33 |
| III.2.1 Détermination du pH ----- | 33 |
| III.2.2 Détermination de la conductivité ----- | 35 |
| III.2.3. Détermination de la quantité de fer ----- | 35 |
| III.2.4. Détermination du titre alcalinitétrique complet TAC ----- | 37 |
| Références bibliographiques du chapitre III ----- | 38 |

Chapitre IV: Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| IV.1. Introduction ----- | 40 |
| IV.2. Consigne à suivre pour le prélèvement des échantillons ----- | 40 |
| IV.3. Analyse de l'eau de chaudière et d'alimentation ----- | 40 |
| IV.3.1. Détermination du pH (méthode potentiométrique) ----- | 40 |
| IV.3.2. Détermination de la conductivité électrique ----- | 43 |
| IV.3.3. Détermination du titre alcalinitétrique complet TAC ----- | 45 |

| | |
|---|----|
| IV.3.4. Détermination de la quantité de fer de l'eau----- | 47 |
| VI.4. Analyse de l'eau de refroidissement ----- | 48 |
| Références bibliographiques du chapitre IV ----- | 52 |
| Conclusion ----- | 54 |
| <i>Résumé</i> | |
| Abstract | |
| ملخص | |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I. 1: Représentation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de Skikda. ... | 6 |
| Figure I. 2: Schéma des principales installations de la raffinerie | 9 |
| Figure I. 3: Schéma simplifié de fonctionnement d'une chaudière..... | 13 |
| Figure I. 4: Schéma d'un circuit de refroidissement RA1/K..... | 15 |
| Figure II. 1: Schéma représentant la structure d'eau des différents états..... | 19 |
| Figure II. 2: Schéma d'un dégazeur typique. | 26 |
| Figure III. 1: Schéma montrant l'appareil pH-mètre | 34 |
| Figure III. 2: Appareil de conductimètre électrique. | 35 |
| Figure III. 3: Détermination de fer..... | 36 |
| Figure IV. 1: Variation du pH de l'eau d'alimentation en fonction du temps. | 42 |
| Figure IV. 2: Variation du pH de l'eau de chaudière en fonction du temps. | 43 |
| Figure IV. 3: Evolution de la conductivité de l'eau d'alimentation de chaudière en fonction du temps..... | 44 |
| Figure IV. 4: Evolution de la conductivité de l'eau de chaudière en fonction du temps. | 45 |
| Figure IV. 5: Evolution du TAC de l'eau d'alimentation de chaudière en fonction du temps. | 46 |
| Figure IV. 6: Evolution du TAC de l'eau de chaudière en fonction du temps..... | 47 |
| Figure IV. 7: La teneur en Fe dans l'eau d'alimentation de chaudière. | 48 |
| Figure IV. 8: Evolution de l'indice de saturation en fonction du temps. | 50 |
| Figure IV. 9: Evolution de l'indice de stabilité en fonction du temps. | 51 |

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Les différentes unités du complexe RA1/K de Skikda..... 7

Tableau IV. 1: Classification des eaux selon la valeur de pH..... 41

Tableau IV. 2: Caractère de l'eau en fonction de l'indice de Langelier 49

Tableau IV. 3: Tendence de l'eau en fonction de l'indice de RYZNAR..... 49

Liste des abréviations

RA1K: Unité de la raffinerie de SKIKDA numéro 01.

GPL : Carburant.

UTE : Unité de transport Est.

STEP: Station de traitement des eaux polluées.

ERI : eaux résiduaires industrielles.

MES: Matières en suspension.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DBO : Demande biologique en oxygène.

°C : Degré Celsius.

pH: Potentiel d'hydrogène.

Introduction

Introduction

L'eau est un élément essentiel dans notre quotidien, mais aussi aux industries notamment à l'industrie pétrolière. En effet, elle compte parmi les plus grandes consommatrices d'eau en vue de ses nombreux procédés de traitement du pétrole brut qui exige d'énormes quantités pour le dessalage du brut, production de la vapeur, refroidissement de quelques procédés sans oublier son utilisation par le personnel (sanitaire, eau potable...) [1-3].

La pollution des eaux ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques et les déchets industriels. Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- ✚ Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)
- ✚ Agricole (engrais, pesticides)
- ✚ Urbaine (activités domestiques, eaux d'égout, eaux de cuisine)

Les eaux résiduaires industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, en plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle, elles peuvent également contenir:

- ✚ Des graisses (industries agroalimentaires).
- ✚ Des hydrocarbures et des ions chlorures provenant du complexe de distillation et raffinage du pétrole brut (raffineries), des métaux (métallurgie).
- ✚ des eaux qui retournent aux tours de refroidissement après avoir refroidi différents procédés industriels [4 -5].

Aujourd'hui la possibilité d'installer des systèmes de refroidissement spécifiquement adaptés aux applications industrielles sont des facteurs clés pour maintenir une fiabilité et une continuité de la production. Les circuits alimentés par des eaux naturelles, sont confrontés à des problèmes au niveau des parois en contact avec l'eau, à cet effet, le contrôle de ces différents problèmes dans le laboratoire, est essentielle pour une bonne exploitation du système de refroidissement et des chaudières [6, 7].

L'objectif de ce présent travail, est d'évaluer les caractéristiques physiques et chimiques des eaux de refroidissement et des chaudières au sein de la raffinerie RA1K de Skikda.

Le mémoire est structuré en quatre principaux chapitres :

Le premier chapitre porte sur la présentation de l'Unité RA1K.

Le deuxième chapitre, présente des généralités sur les différents procédés utilisés dans le traitement des eaux usées industriels.

Le troisième chapitre est consacré aux méthodes d'analyses des paramètres mesurés à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration au niveau du laboratoire de l'RA1K de la raffinerie de Skikda ainsi que les calculs effectués.

Dans le quatrième chapitre sont présentées les résultats de ces analyses et leurs interprétations.

Une conclusion générale est apportée à la fin du mémoire résumant les principaux résultats et répondant à l'objectif de notre étude posé dans l'introduction générale.

Références bibliographiques de l'introduction

- [1] MECHATI F., Étude des paramètres physico-chimiques avant et après traitement des rejets liquide de (RAIK), mémoire de magister en chimie, option pollution chimique et environnement, 2006.
- [2] BOEGLIN J-C. et ROUBATY J-L., Pollution industrielle de l'eau Caractérisation, classification, mesure. Technique de l'ingénieur. Volume G 210, volume 2, 2007.
- [3] CHERFAOUI A., Etude de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie de pétrole d'Alger. Article Institut Algérien du Pétrole, IAP, Boumerdes, 2002.
- [4] KOLLER E., Aide-mémoire génie chimique. 3e édition. Dunod, Paris, 2009.
- [5] BLIEFERT C., PERRAUD R., Chimie de l'Environnement : air, eau, sols, déchets, Traduction et adaptation française : De Boeck Université s. a. Paris, 2001.
- [6] GAY J., Lutte contre la pollution des eaux -Valorisation énergétique des boues, Technique de l'ingénieur. Volume G1455, 2002.
- [7] GUIBELIN E., Lutte contre la pollution des eaux-Élimination finale des boues d'épuration, Technique de l'ingénieur, Volume G 1 451, 2000.

Chapitre I: Présentation de la raffinerie de Skikda

I.1. INTRODUCTION

Le travail que nous avons réalisé a été effectué au niveau de la raffinerie de raffinage de Skikda qui est la plus grande raffinerie en Algérie. Elle présente plus de la moitié de la capacité de raffinage du pays. Elle possède un parc de stockage gigantesque faisant d'elle un organisme très important dans l'économie nationale. Dans ce qui suit nous allons présenter que la raffinerie de Skikda communément appelée RA1K.

I.2. La raffinerie de Skikda RA1K

La raffinerie de SKIKDA a pour objectif de transformer le pétrole brut en produits pétroliers répondants à des spécifications requises « Normes Nationales et Internationales ». Ces produits sont : GPL, Carburants, Bitumes, Aromatiques » sont destinés à la satisfaction des besoins du marché national et les excédents sont exportés [1]. La raffinerie est conçue pour le traitement des charges suivantes:

- ✚ Brut Hassi Messaoud « B.H.M », et un brut « Mélange d'Arzew » avec une capacité annuelle de 16.5 millions de tonnes.
- ✚ Brut réduit « B.R.I » importé pour la production des bitumes « Bitumes routiers et bitumes oxydés » avec une capacité annuelle de 275 000 T/M.

La raffinerie de Skikda dispose de deux unités de reformage catalytique « Reforming I et Reforming II » et de deux unités d'aromatiques « U.200 et U.400 » et de deux unités d'isomérisation « ISOM 1 U. (700,701) » et « ISOM 2 U. (702,703) » avec une unité de production de l'hydrogène « U 900 » et une unité d'isomérisation des xylènes « U.500 ». En plus des unités de production, la raffinerie dispose d'une centrale thermoélectrique « C.T.E » pour la production des utilités et l'énergie nécessaire au fonctionnement de ses unités.

Le stockage des charges et des produits finis et semi-finis se fait dans des bacs spécialisés selon le type du produit à stocker « Toit Fixe, Toit Flottant, Sphères, Cigares » . Les expéditions des produits finis vers les ports, entrepôts NAFTAL et camions sont réalisées par le biais des stations d'expédition spécifiques à chaque type de produit [2].

La figure I.1 représente les principales installations de la raffinerie de Skikda.

I.3. Situation géographique

La raffinerie de Skikda est située dans la zone industrielle à 7 Km à l'est de Skikda et à 2 Km de la mer, elle est aménagée sur une superficie de 190 hectares avec un effectif à l'heure actuelle de 1280 travailleurs environ. Elle est alimentée en brut algérien par le brut venant de Hassi Messaoud. Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'un Pipe-line à une distance de 760 Km de champs pétroliers jusqu'au complexe (Fig.I.1) [3].

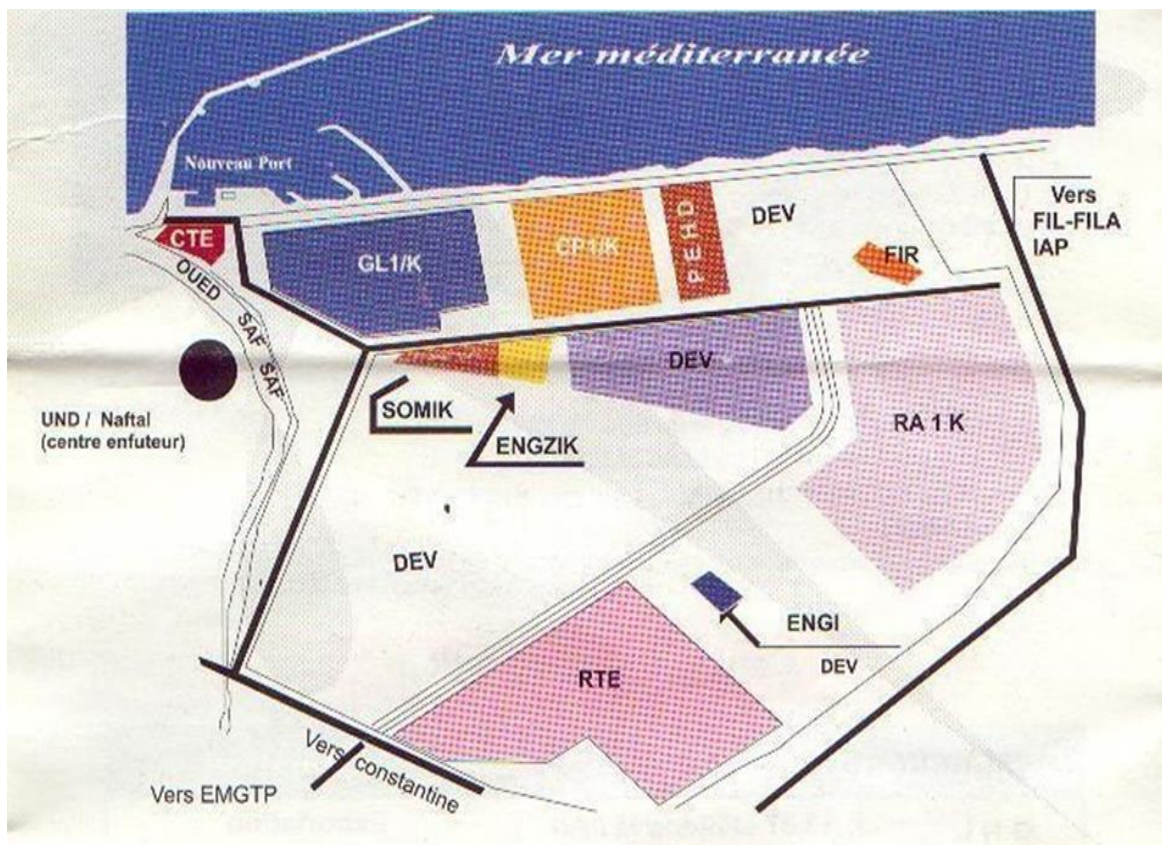


Figure I. 1 : Représentation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de Skikda [3].

I.4. Présentation des différentes unités de production

La raffinerie de Skikda est divisée en différentes unités de production, en outre elle comprend 23 unités.

Tableau I. 1: Les différentes unités du complexe RA1K de Skikda.

| Installations | Capacités |
|--|-----------|
| Topping U 10 (distillation atmosphérique) | 7.500.000 |
| Topping U 11 (distillation atmosphérique) | 7.500.000 |
| Gas plant U 30/31 (séparation de GPL) | 589.500 |
| Magnaforming U 100 (reforming catalytique 1) | 1.165.000 |
| Platforming U 101/103 (reforming catalytique 2) | 1.165.000 |
| Unité 200 (Extraction fractionnement des aromatiques) | 285.000 |
| Unité 400 (cristallisation de paraxylène) | 430.000 |
| Unité 70 (production du bitume par distillation sous vide) | 277.000 |
| Unité 600 melex (stockage, mélange et expédition : 116 bacs) | 2.000.000 |
| Centrale thermique électrique et utilités (CTE) | - |

Département de production P 1

Il se compose des unités de production suivantes:

- ❖ Unité 10/11 de distillation atmosphérique (TOPPING).16.000.000 T/AN
- ❖ Unité100/103de reformage catalytique (PLATFORMING) 2.330.000 T/AN.
- ❖ Unité 200 d'extraction des aromatiques. 593.976 T/AN.
- ❖ Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène. 425.700 T/AN.
- ❖ Unité 70 de distillation sous vide (Production des bitumes). 275.000 T/AN.
- ❖ Unité 30/31 et 104 de traitement et séparation des gaz (GPL). 748.800 T/AN.

✚ Département de production P 1 (Unités annexes et utilités)

- ❖ Unité **600** de stockage, mélange et expédition (**MELEX**) Est, Sud et Nord.
- ❖ Unités annexes et utilités sont :
- ❖ Unité **63** pour la déminéralisation des eaux
- ❖ Unité **1061** de polissage (traitement) de **condensat**
- ❖ Unité **1111** de production de l'**Azote**
- ❖ Unité **1082** de production de l'air service et l'air instrument
- ❖ Unité **1100** de traitement des **effluents**, tours de refroidissement, eaux de service et eaux anti-incendie.
- ❖ Unité **1101** de traitement des **effluents** (nouvelle unité 2013)
- ❖ Unités **1050-1051** : centrale thermique électrique et utilités (**CTE 1et 2**) [10].
- ❖ Unité 1020 (Tour de refroidissement) : Elle satisfait d'une manière continue les besoins de la raffinerie en eau de refroidissement, en travaillant en circuit fermé. Les eaux polluées et chaudes proviennent des unités de production sont traitées chimiquement.

L'eau brute est destinée aux différents usages (eau réseau incendie, eau traitée pour refroidissement et production de vapeur, eau potable) provient des trois forages. Le traitement des eaux déminéralisé pour la production de vapeur se fait à l'unité de traitement des eaux et il est pompé vers les chaudières via deux bacs de stockage 200 m³ pour chacun.

La production de vapeur pour satisfaire les trois turbines de production d'énergie électrique et vapeur stripping des unités combinées est assurée par les chaudières.

La majorité des produits finis est obtenue à partir de mélange de plusieurs produits de base, car il serait difficile d'obtenir directement (tout en restant dans les limites de la rentabilité) des produits répondant aux spécifications [11,12]. La figure I.3 représente les principales installations de la raffinerie de Skikda.

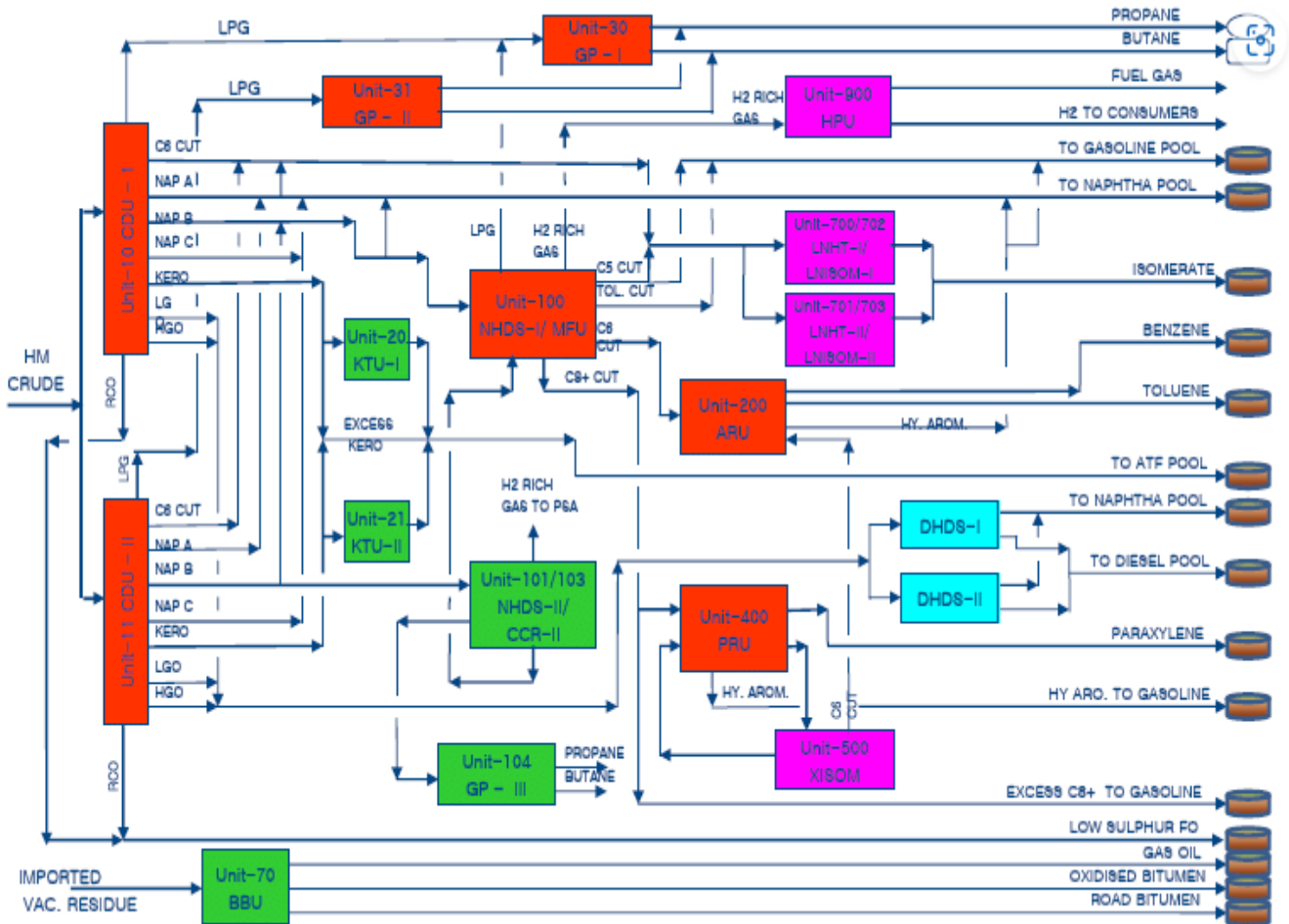


Figure I. 3: Schéma des principales installations de la raffinerie [4,5].

I.5. Centrale thermoélectrique (CTE)

Les principales unités de centrale thermique sont

a) Déminéralisation

La centrale thermo – électrique dispose d’une unité de déminéralisation dont le procédé permet d’obtenir une eau d’une très grande pureté, nécessaire à l’alimentation des chaudières. La déminéralisation se pratique par échanges d’ions, les cations et anions sont successivement remplacés par les ions hydrogènes et les radicaux hydroxydes.

L'eau est envoyée du complexe GL1K par deux pompes (62P₃ A/B) dans un bac de stockage dont la capacité est de 1500 M₃ ensuite, elle est refoulée par les pompes (62P₂ A/B/C) dans deux filtres à charbons, dont l'un est en fonctionnement et l'autre à l'arrêt, afin d'éliminer les matières en suspensions pour minimiser le risque de dégradation des échangeurs d'ions.

L'eau entre dans les échangeurs d'ions à lits mixtes. Les réactions d'échanges sont comme suit :

L'eau déminéralisée est envoyée aux dégazeurs (1050V1 A/B) pour l'alimentation des chaudières.

b) Production d'électricité

Deux turbo-alternateurs (1050 TA₂ et 1050 TA₃) sont installés dans la centrale thermo – électrique. La puissance de chacun d'eux est de 12,5 MW. Ils sont actionnés par la vapeur à haute pression provenant de la chaudière en passant par une vanne d'arrêt principale et une soupape régulatrice (constitué de plusieurs obturateurs) pour permettre à la vapeur de passer par plusieurs voies dans la turbine d'entraînement.

La ligne d'extraction véhicule la vapeur soutirée, sa pression est maintenue constante par la vanne régulatrice d'extraction, vers la ligne de vapeur MP.

A travers le désurchauffeur, la vapeur passe par la vanne régulatrice d'extraction vers la turbine BP est abouti au condenseur. L'eau condensée est accumulée dans une citerne située à la partie inférieure du condenseur, ces condensats sont refoulés par des pompes vers la chaudière.

c) Récupération des condensats

La raffinerie a été projetée pour permettre la récupération de la plus grande partie de la vapeur condensée dans les unités de traitement.

d) Section d'affectation (production de vapeur)

Définition de la chaudière

Une chaudière est un récipient alimenté en eau douce, qui par chauffage se transforme de façon continue en vapeur.

Chaudière (RA1/K)

La vapeur est générée par quatre chaudières (G1, G2, G3 et G4) dont trois sont en fonctionnement et une en attente pendant la marche normale de la raffinerie.

Éléments principaux de la chaudière (RA1/K)

- Ballon supérieur

La séparation de la phase liquide et vapeur se produit dans le ballon supérieur. L'eau d'alimentation est fournie à la chaudière par une conduite montée parallèle à l'axe du corps cylindrique et percée de manière appropriée pour permettre une distribution sur toute la longueur du ballon.

- Ballon inférieur

Reçoit l'eau d'alimentation venant du ballon supérieur, au cas où l'eau est de mauvaise qualité on la purge. C'est dans le ballon inférieur que commence l'eau à se séparer en biphasique C à D l'eau sera de mélange vapeur – liquide.

- Surchauffeur

C'est un échangeur de chaleur qui reçoit la chaleur par convection, il sert à produire de la vapeur surchauffée avec la vapeur saturée sortant du ballon supérieur. La vapeur passe dans les tubes, les fumées à l'extérieur des tubes. Il est constitué par une série de serpentins tubulaires dont les extrémités sont fixées à des collecteurs à travers lesquels la vapeur passe et se surchauffe. Les serpentins sont disposés en deux bancs l'un à haute température et l'autre à basse température entre lesquels est interposé un désurchauffeur permettant de régler la température finale de la vapeur surchauffée ($500 \pm 5^\circ\text{C}$).

- Désurchauffeur

Il est installé entre les deux bancs du surchauffeur, sert à réduire la température de la vapeur de manière à ce qu'elle soit maintenue à la vapeur du projet ($500 \pm 5^\circ\text{C}$) dans l'intervalle compris entre 60% et 100% de la charge maximale continue. Le désurchauffeur est de type à injection d'eau et il faut par conséquent que l' H_2O d'injection soit exempte de sels de manière à éviter des dépôts dans les surchauffeurs et dans les turbines.

- Economiseur

Réchauffe l'eau d'alimentation avant son introduction dans la chaudière.

- Réchauffeur d'air

L'air entrant est préalablement préchauffé à l'aide de la vapeur à basse pression de $0^\circ - 60^\circ\text{C}$ (avant l'échange de chaleur entre l'air – fumée).

Réchauffer l'air destiné à la combustion, le réchauffage d'air est nécessaire à la combustion : la chaleur introduite dans le foyer se traduit évidemment par une économie de combustion et une

amélioration du rendement thermique de la chaudière. C'est un échangeur de chaleur dont le but est de récupérer une partie de la chaleur contenue dans les gaz de combustion.

- Cheminée

Les fumées une fois utilisées par la chaudière et ses annexes entre autre « surchauffeurs, économiseur, réchauffeur d'air » passent par un dépoussiérage et ensuite seront évacuées par la cheminée à l'atmosphère à une température de 180 °C.

- Ventilateurs de soufflage d'air forcé

Provoquent la circulation des gaz brûlés en surmontant les pertes de charge.

- Faisceaux vaporisateurs

Sont constitués de tube d'écran d'eau tapissant les parois de la chambre de combustion, sous l'action de la chaleur dégagée par la flamme, l'eau contenue dans les tubes se vaporise. L'échange de chaleur se fait par radiation. Les tubes doivent être en acier spécial (18% Cr, 8% Ni, 0,5% Mo) à la $T^{\circ} > 750^{\circ}\text{C}$. Ces quantités varient suivant la température et la pression.

- Chambre de combustion

Les parois de la chambre de combustion sont réalisées avec des tuyaux de vaporisation à ailettes. Les extrémités des ailettes sont soudées les une aux autres par une soudure continue de manière à réaliser une enveloppe à étanchéité de gaz parfait. Le revêtement réfractaire est limité à la semelle de la chambre de combustion est constituée par 3 zones : Rayonnement, conduction, convection.

En ce qui concerne les salissures à l'intérieur des tubes provoquées par le combustible qui n'est pas parfaitement brûlé entraîne une absorption irrégulière de chaleur ; par rapport à l'absorption de la chaleur pour un tube propre peut provoquer une altération de la circulation ; au cas extrême la rupture des tuyaux. Tubes de la chambre : 290 °C/ 375 °C design collecteurs frontaux et latéraux de la chambre de combustion :

Description du procédé

L'eau dessalée provient du complexe GL₁K acheminées vers un bac de stockage. L'eau stockée est envoyée à un bac 62 S₁ au niveau de RA1K qui sera déminéralisée, une partie est envoyée vers un bac S₂ de réserve en cas d'arrêt de l'unité de dessalement et l'autre partie est stockée dans le bac 1010, on injecte de la morpholine avant son envoi aux dégazeurs, ensuite elle sera envoyée aux dégazeurs 1050V₁ et 1050 V₁B, en passant par l'échangeur 1060 E₂, elle subit deux dégazages :

- un dégazage physique réalisé par barbotage de l'eau pulvérisée avec la vapeur BP

- un dégazage chimique réalisé par injection d'hydrazine (N_2H_4)

Le but de ce traitement est de diminuer la solubilité des gaz et d'éliminer les gaz corrosifs tel que CO_2 , O_2 dans l'eau.

L'eau ainsi dégazée est refoulée par les pompes alimentaires 1050 P1 A/B/C/D dans le ballon supérieur. Cette eau est distribuée dans le ballon inférieur ; de ce collecteur partent plusieurs nappes de tubes inégalement chauffés, puisque la température des fumées passe de $1200^\circ C$ dans le foyer à $280^\circ C$ à l'arrière des derniers tubes. Les tubes fortement chauffés sont remplis d'une émulsion d'eau et de vapeur c'est à dire d'eau et de bulles de vapeur, de masse volumique plus faible que celle de l'eau des tubes arrières ; il y a mouvement ascendant dans les tubes arrières, il est donc normal de prévoir l'alimentation de la chaudière dans le collecteur supérieur dans la région de départ des tubes arrières.

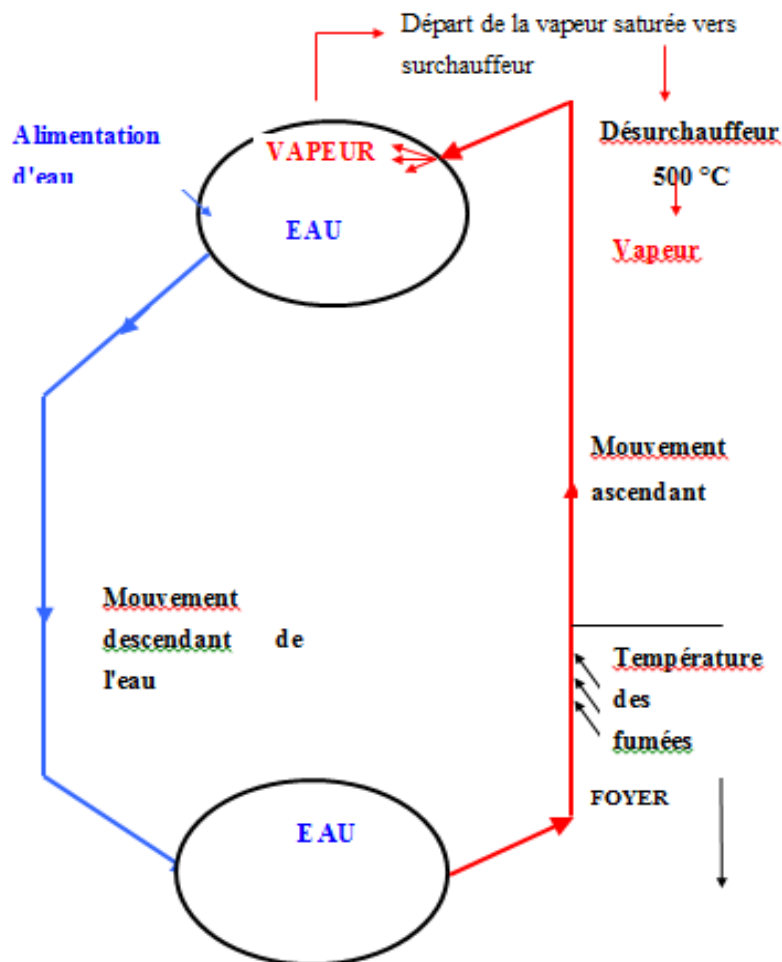


Figure I. 2: Schéma simplifié de fonctionnement d'une chaudière.

e) Section d'affectation (Tour de refroidissement)**✚ Système de refroidissement RA1/K**

L'unité est prévue pour refroidir et traiter chimiquement l'eau douce qui est utilisée sur un circuit fermé pour le refroidissement sur les échangeurs thermiques et sur les appareillages auxiliaires.

L'eau chaude provenant des installations est refroidie sur une tour de refroidissement ; où elle tombe du haut en contre-courant à l'air.

Le circulation de l'air le long de la tour est forcée et est obtenue à l'aide de ventilateurs placés sur la partie supérieure de la tour.

L'eau refroidie est recueillie sous la tour dans un bassin en béton armé et est continuellement remise en circulation aux unités de procédé à l'aide de pompes de type centrifuge horizontal, à pression et à température constante.

Les données suivantes ont été prises comme base pour le projet :

| | |
|---|----------------------------------|
| Température de l'eau chaude à l'entrée de la tour..... | 42°C. |
| Température de l'eau froide à la sortie de la tour..... | 29°C. |
| Température du bulbe humide de l'air..... | 24°C. |
| Débit de l'eau réfrigérante..... | 14000 m ³ /h. |
| Pression de l'eau réfrigérante..... | 4.5 Kg / cm ² . |
| Débit de l'eau traitée de réintégration | Norme 350-410 m ³ /h. |
| | Max 450 m ³ /h. |

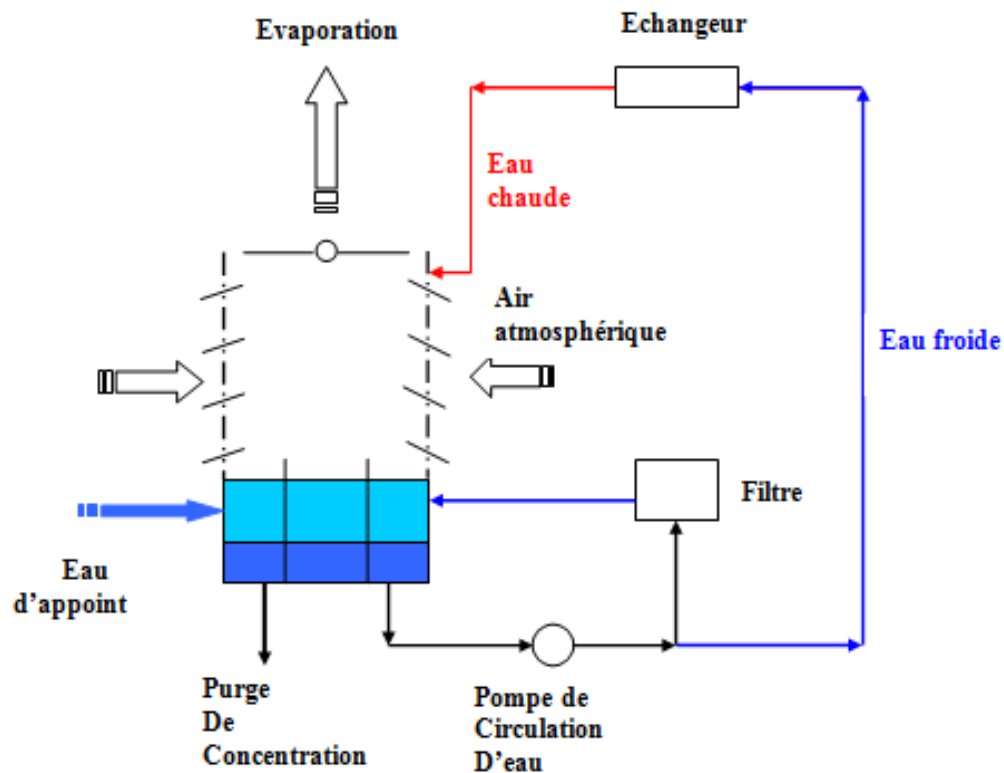


Figure I. 3: Schéma d'un circuit de refroidissement RA1/K.

I.6. Station de dosage des réactifs chimiques

Il est nécessaire de prévoir l'adjonction de réactifs chimiques spéciaux à l'eau de refroidissement, pour éviter des phénomènes de corrosion ou d'entartrage des matériaux du circuit de refroidissement et pour éviter la croissance de vie organique .

I.7. L'objectif de la raffinerie de Skikda RA1K

Les deux objectifs principaux de cette raffinerie sont:

- Continuer à assurer la couverture des besoins du marché national en produits raffinés, sur le plan quantitatif et qualitatif.
- Continuer à offrir des produits raffinés, destinés à l'exportation répondants aux normes en vigueur sur les marchés internationaux [5- 7].

Références bibliographiques du chapitre I

- [1] Belaidi Affef, Modélisation et Optimisation des pools essences avant et après réhabilitation de la raffinerie de Skikda, Mémoire de fin d'études, Ecole d'ingénieurs de Boumerdes, 2011.
- [2] Documentation Interne RA1K, manuel operating, 2014.
- [3] FeLa Islem, Okba Mohammed Nadjib, Amélioration de la teneur en précurseurs d'aromatiques de la NAPHTA B au niveau du splitter de l'unité Topping de la raffinerie de Skikda RA1k, Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued, 2015.
- [4] Hamida Abd Essalem, Description de l'unité reforming 02 (circuit et fonctionnement), Rapport de stage de professionnalisation des techniciens en raffinage, Raffinerie de Skikda RA1k, Ecole d'Arzew, 2019.
- [5] Slama Amina, Menasria Boutheyna, Amélioration des performances de l'unité de reformage catalytique II (U103) RA1k (Skikda), Mémoire de Master, Université 8 mai 45 Guelma, 2020.
<https://www.univ-eloued.dz/images/memoir/file/M.T-103-01>.
<https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10217>

Chapitre II: L'eau et la pollution

II.1. Définition des effluents

Les effluents, ou les eaux résiduaires industrielles, sont toutes les eaux rejetées par l'industrie dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement, etc., en excluant généralement les eaux pluviales sauf si elles sont polluées par des eaux de ruissellement suite aux lessivages des toitures d'usines à l'origine d'une forte pollution atmosphérique (par exemple, cimenteries, centrales thermiques, etc.) ou des sols de sites industriels en activité ou à l'abandon, contaminés par des substances diverses (composés azotés, hydrocarbures, sels métalliques).

II.2. Différents types de rejets industriels

On distingue quatre catégories de rejets dans l'industrie :

II.2.1. Eaux des circuits de refroidissement

L'eau destinée à refroidir les équipements et installations des unités industrielles doit être judicieusement choisie car, une fois chauffée, elle peut causer des effets indésirables tels que par des micro-organismes notamment les légionnelles, les algues et les champignons. Pour éviter ces dégâts, les eaux de réfrigération doivent être traitées en vue d'obtenir des eaux adoucies, déminéralisées et même dessalées. Avec ces eaux, on doit également injecter des produits anticorrosion (inhibiteurs de corrosion) et désinfectants (oxydants) [1, 2].

II.2.2. Eaux de lavage des sols et machines

Au contraire des rejets précédents, la qualité et le débit des eaux de lavage sont très variables. Ces eaux sont chargées de produits divers : matières premières ou liqueurs de fabrication, hydrocarbures et huiles de machines, produits détergents, bactéricides ou bactériostatiques utilisés en désinfection. La production et le degré de pollution de ces effluents résiduaires sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine et des périodes de congés.

Certains de ces rejets sont occasionnels, et peuvent correspondre, par exemple, à des fuites accidentelles de produits lors de leur manutention ou de leur stockage [3].

II.2.3. Eaux de fabrication

La nature de ces eaux est très variable d'une industrie à l'autre; la plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des solides, des liquides ou des gaz.

C'est dans l'industrie alimentaire, l'industrie chimique, celle des pâtes et papiers, ainsi que dans certaines branches de l'industrie textile qu'on trouve l'essentiel de la pollution organique dissoute, qui peut avoir un caractère plus ou moins biodégradable et un degré de pollution plus ou moins important [4].

En outre, certaines eaux de fabrication contiennent des produits toxiques (comme les métaux lourds issus de l'industrie de traitement de surface) dont la présence peut masquer la valeur réelle de la pollution biodégradable.

II.2.4. Rejets des services généraux

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques (cuisine, cantine,...) de l'usine qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradables [5].

II.3. Les propriétés physiques et chimiques de l'eau

L'eau est un composé incolore, inodore constitué de molécules. Chaque molécule d'eau est formée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène que l'on représente par : H_2O . La structure de l'eau dépend de son état physique.

- L'état gazeux (vapeur) : correspond à la formule chimique de l'eau ;
- L'état liquide et solide de l'eau : la structure tétraédrique est due à l'arrangement et l'association des molécules sous l'influence des liaisons intermoléculaires dites liaisons hydrogène.

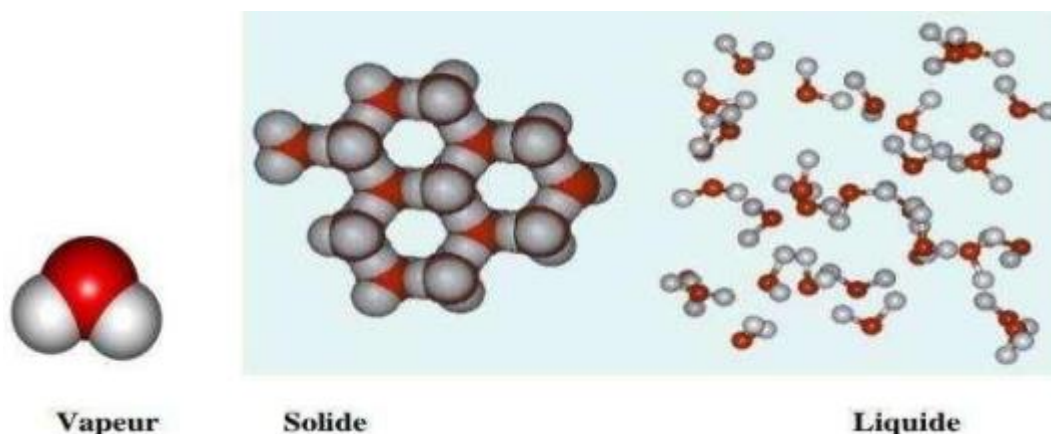


Figure II. 1: Schéma représentant la structure d'eau des différents états.

II.4. Origine des polluants et types de pollutions industrielles

Les eaux résiduaires industrielles sont spécifiques par leur volume et leur composition. On distingue trois types de pollution :

II.4.1. Pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive [1, 3].

II.4.1.1. Pollution mécanique

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les ERI, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension (MES).

II.4.1.2. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu' à (40 à 45 °C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

Tous les secteurs d'activité humaine sont susceptibles d'émettre des polluants atmosphériques : les activités industrielles, le traitement des déchets et les chantiers, le transport (routier, aérien, fluvial), les activités domestiques (chauffage en particulier), l'agriculture.

II.4.1.3. Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements [1, 2].

II.4.2. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- ✚ Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..) ;
- ✚ Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

II.4.2.1. Pollution organique

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés, comme la matière organique (lisier, boues d'épuration, etc.), les organochlorés ou encore les polychlorobiphényles [2, 4].

a. Hydrocarbures

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires). Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables [5, 6].

- **Toxicité aigüe:** elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiates des poissons s'effectuent par colmatage des bronchites. Les oiseaux sont également tués en masses par engluage des plumes. On n'estime que 150 000 à 400 000 le nombre d'oiseaux tués annuellement par les hydrocarbures [7].
- **Toxicité à long terme:** les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes (méthyle chlorolanthrène, benzanthracènes et benzbopyrènes).

b. Phénols

Ils désignent un ensemble de composés hydroxylés du benzène. La présence du phénol dans l'eau a pour origine les polluants industriels (usine chimique, cokeries, industries pétrochimique, raffineries...), ainsi que les revêtements bitumeux des canalisations et des réservoirs, la décomposition des produits végétaux et la dégradation des pesticides. Ces produits s'oxydent faiblement, se fixent peu, se filtrent facilement et ils sont souvent biodégradables; alors ils ne se trouvent qu'en faible quantité.

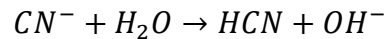
II.4.2.2. Pollution minérale

a. Métaux lourds

Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipés dans la nature [5, 8].

b. Cyanure

Les cyanures, c'est un poison à action rapide qui peut se rencontrer sous plusieurs formes, y compris les formes gazeuses, liquides et solides. Bien que les cyanures se rencontrent naturellement dans beaucoup d'aliments et de plantes. L'industrie rejette d'autres composés cyanogènes (installation de cyanuration, galvanoplastie, traitement de minerais...). L'ion **CN⁻** est toxique en raison de l'acide cyanhydrique qui se produit en présence d'eau selon l'équilibre:



II.4.3. La pollution biologique

La pollution biologique dans les analyses des eaux industrielles se concentre sur la détection et la quantification des micro-organismes présents dans l'eau. Cela comprend les bactéries, les virus, les protozoaires et d'autres agents pathogènes qui peuvent contaminer les eaux industrielles et poser des risques pour la santé humaine et l'environnement. Les analyses de la pollution biologique évaluent souvent la présence de coliformes fécaux, d'E. coli et d'autres indicateurs microbiologiques, pour évaluer la qualité de l'eau et s'assurer qu'elle est conforme aux normes de sécurité et de santé publique. Les méthodes d'analyse peuvent inclure des tests microbiologiques et des tests de détection rapide et d'autres techniques spécifiques pour identifier et quantifier les micro-organismes présents dans les eaux industrielles.

II.4.4. Paramètres organoleptiques

a. Couleur

La couleur des eaux résiduelles industrielles (ERI) est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de matières en suspension (MES), du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes [1, 9].

b. Odeur

Les eaux résiduaires industrielles (ERI) se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition [10].

II.4.5. Paramètres physiques

a. Température

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau [10,11].

b. Potentiel d'hydrogène

Sa valeur caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique. La valeur du pH altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9) [1, 11].

c. Turbidité

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence de matières en suspension MES [12].

d. Matières en suspension

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les ERI. Mesuré par peser après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Les procédés de séparation par filtration font appel, soit à des disques en fibres de verre, soit à des couches d'amiante. La méthode par centrifugation est plus particulièrement réservée au cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite d'un risque élevé de colmatage des filtres [3, 4].

II.4.6. Paramètres chimiques

a. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2 heures [7,8, 13-14].

b. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. L'épuration biologique aérobie complète d'une ERI exige en fait un temps de 21 jours (DBO₂₁ dit ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures. Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradée le rapport DCO/DBO₅ doit être inférieur à 2,5 [13].

La moyenne pondérée de la DCO et la DBO mesurée après décantation pendant 2h suivant la formule: $(DCO + 2 DBO_5) / 3$ correspond aux matières existantes MOX [2].

II.4.7. Autres paramètres

a. Hydrocarbures : La mesure des hydrocarbures dans les ERI constitue une opération souvent délicate. En effet, l'échantillonnage est fréquemment hasardeux, particulièrement lorsque les ERI ne sont pas prélevées dans un réseau sous pression ou quand elles sont très chargées d'huiles. Par ailleurs, les valeurs obtenues lors du dosage réalisé sur un même échantillon est selon la méthode utilisée, car celle-ci se rapportent alors à la détection partielle ou totale de composés différents.

b. Micropolluants

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substance qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités.

Les principaux micropolluants sont :

- Certains métaux lourds et métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu, ...Hg);
- Composés phénoliques, organohalogéniques, organophosphorés, huiles minérales, Hydrocarbures aromatiques polycycliques;
- Certains dérivés nitrés [4].

II.5. Traitement des eaux de chaudière

II.5.1. Introduction

Dans les usines de production de vapeur, le traitement de l'eau est particulièrement important pour l'efficacité des opérations et la durée de vie des équipements. La composition de l'eau d'alimentation doit être pure, et l'eau recyclée des chaudières ainsi que les condensats doivent être scrupuleusement dépouillés de tous contaminants et oxygène dissous. Le pH doit être contrôlé de près, et les surfaces de métal de la chaudière, du réchauffeur d'eau d'alimentation et des pompes d'alimentation de la chaudière doivent être protégées.

II.5.2. Traitement par la morpholine

II.5.2.1. Définition

La morpholine est un liquide hygroscopique incolore ayant une odeur caractéristique piquante d'amine. La forte base organique peut mélanger à l'eau en toute proportion.

La morpholine est insoluble sans limitation de degré dans les solvants organiques normaux, tels que les hydrocarbures benzolés, l'alcool, les éthers et les éthers glycols. Toutefois, sa solubilité dans l'huile minérale et l'essence est très basse.

Le traitement s'effectue par injection d'une solution de morpholine dans le back de l'eau déminéralisée provenant de la section de déminéralisation dont le but est de :

- 1) élever le pH.
- 2) Former une couche protectrice.

Actuellement l'injection de morpholine se fait avec l'hydrazine à la sortie de la bêche alimentaire de la chaudière.

II.5.2.2. Traitement par Dégazage

Le premier responsable de la corrosion est l'oxygène dissous dans l'eau c'est pourquoi l'eau doit être totalement dégazée, deux dégazeurs sont placés en avant des chaudières qui fournissent une eau à quelque ppb d'oxygène.

a) Dégazage physique

Le dégazage physique est réalisé par barbotage de l'eau dans la vapeur d'air permettant ainsi l'élimination de la majeure partie de l'oxygène.

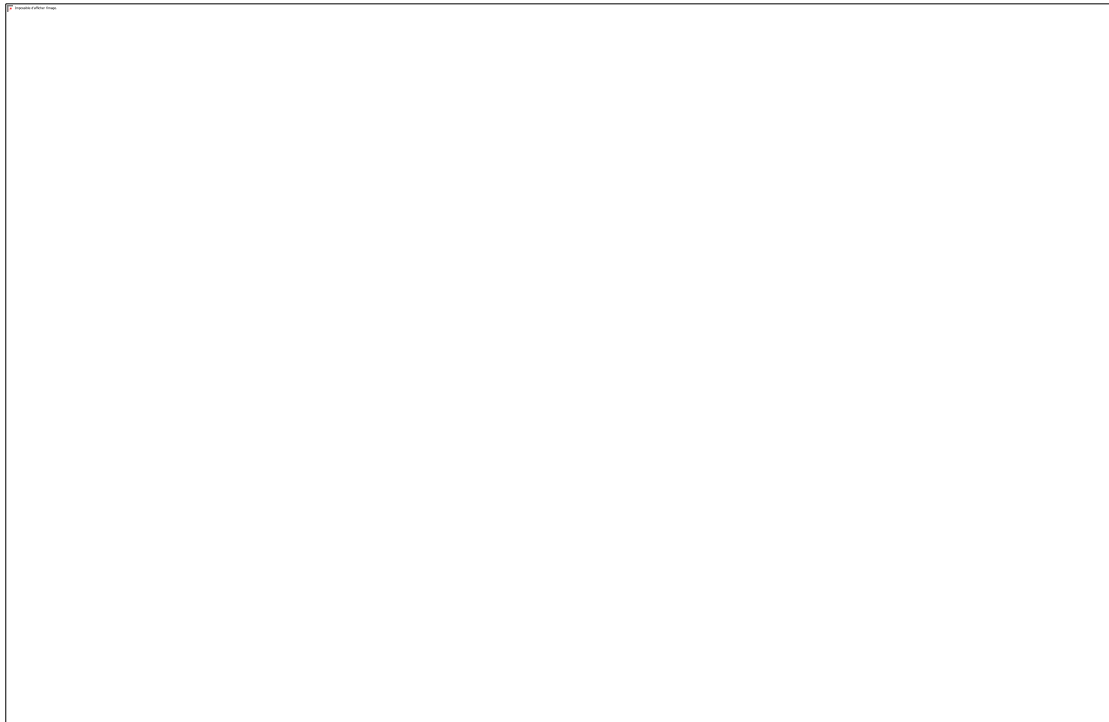


Figure II. 2: Schéma d'un dégazeur typique.

*** Description des dégazeurs 1050-V-1 A/B de RA1//K**

Le dégazage de l'eau d'alimentation des chaudières est obtenu par le système physico thermique l'augmentation de température diminuait la solubilité de l'oxygène.

L'eau est subdivisée et mélangée avec la vapeur. L'oxygène et les gaz incondensables sont éliminés par le trou d'air.

b) Traitement par l'hydrazine N_2H_4 (Dégazage chimique)

L'hydrazine anhydre est un liquide hygroscopique, incolore, corrosif avec une odeur caractéristique d'amine.

Elle fume abondamment dans l'air et elle est très soluble dans l'eau et dans l'alcool. L'hydrate d'hydrazine (correspondant à 64% d'hydrazine anhydre) est analogue à l'hydrazine anhydre mais elle fume moins dans l'air et a une odeur d'ammoniac.

L'industrie utilise principalement l'hydrate d'hydrazine et ses solutions aqueuses. Leurs principales utilisations sont :

- traitement de l'eau de chaudière (agent dé-oxygénant).
- fabrication d'agent gonflant pour matière plastique.
- industrie pharmaceutique.

✚ Propriétés et caractéristiques de l'hydrate d'hydrazine

| | |
|--------------------|--------------------------|
| Point de fusion | 40°C |
| Point d'ébullition | 119.4°C à 760 mmHg |
| Densité | 103 |
| Point d'éclair | 72°C en réservoir ouvert |

A la sortie de la bache alimentaire se fait l'injection d'un agent réducteur N_2H_4 HYDRAZINE selon la réaction de l'oxygène doit être éliminé totalement.

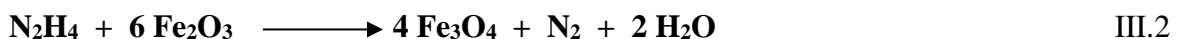


L'eau d'alimentation des chaudières est aspirée par une pompe qui fonctionne soit par la vapeur soit par moteur électrique.

✚ Avantages et inconvénients de l'utilisation de l'hydrate d'hydrazine

L'HYDRAZINE est utilisée dans l'eau de chaudière parce qu'elle ne rapporte aucune salinité à l'eau et elle-même et ses produits de composition sont volatils. Les avantages de l'HYDRAZINE sont :

- Élimination total des traces d'oxygène dissous.
- L'hydrazine réagit avec l'oxyde ferrique Fe_2O_3 pour former une couche protectrice de magnétite Fe_3O_4 .



Cependant au-delà de 270°C l'hydrazine se décompose partiellement en ammoniac, donc en tenir compte de l'injection en excès parce que l'ammoniaque attaque l'alliage en cuivre et surtout dans les réseaux vapeur condensant.

✚ Réaction de décomposition de l'HYDRAZINE



La décomposition de l'hydrazine sert aussi pour le réglage du $\text{pH} = 7,5 - 9,5$.
Et un certain débit arrive au désurchauffeur pour le réglage de la température de la vapeur surchauffe [11].

II.6. Traitement par phosphate trisodique (Na_3PO_4)

II.6.1. Définition

Le phosphate trisodique est un sel raffiné, blanc, qui se dilue facilement dans l'eau. le produit à sec est une poudre fine comme de la poussière. Ce produit d'une teneur de H_2O est fourni dans l'utilisation commerciale normale sous forme de poudre, de flacons ou de cristaux. Il n'est pas hygroscopique.

- Formule générale : Na_3PO_4 (à sec).
- Sous forme de cristaux ou de flacons : $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Ce traitement chimique s'effectue par injection d'une solution de Na_3PO_4 à l'entrée de ballon supérieur, il sert pour

- 1) réglage du pH de 9,5 -11,0 (zone de passivation).
- 2) élimination des sels.

Tous les sels sont les principaux composants qui provoquent les incrustations qui causant des surchauffes du métal entartré.

Par mis les sels éliminés par $\text{Na}_3 \text{PO}_4$, on a Ca^{++} et Mg^{++} .

Les réactions d'élimination sont :



b) Les inconvénients du traitement par phosphate trisodique (Na_3PO_4)

Le phosphate trisodique (Na_3PO_4) à partir de 300°C s'hydrolyse partiellement un peu à la manière du carbonate de soude suivant la réaction :



Ce phénomène a été longtemps masqué par le fait qu'il s'agit d'une réaction d'équilibre dans la quelle contrairement à l'hydrolyse du carbonate du soude, aucun des élément de la réaction ne quitte le milieu en procédant à l'analyse sur l'eau refroidi, la réaction inverse avait rétablie la composition initial conformément à cette théorie le rapport Na / PO_4 devrais être maintenu à une valeur de 2,8 au lieu de 3 dans le $\text{Na}_3 / \text{PO}_4$.

Références bibliographiques du chapitre II

- [1] MOUCHET P., Traitement des eaux avant utilisation, Substances dissoutes. Technique de l'ingénieur. Volume G1171, 2000.
- [2] KHELFAOUI R., Simulation dynamique du traitement des eaux usées domestique. Mémoire de Master en Automatique, option : Commande des processus industriels. Université Ferhat Abbas, Setif, 2012.
- [2] TOURBIN M. LACHAIZE S. GUIRAUD P., Nanoparticules polluant les milieux liquides : quels procédés pour les éliminer. Technique de l'ingénieur. Volume RE 215LAB, 2012.
- [3] LARKAM F. et BACEL S., Traitement des eaux « effluent ». Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle, option : Génie de l'environnement, 2005.
- [4] MEKHALIF F., Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées. Mémoire de magister en chimie, option pollution chimique et environnement. Université 20 aout 1955, Skikda, 2009.
- [5] CHERFAOUI A., Etude de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie de pétrole d'Alger. Article Institut Algérien du Pétrole, IAP, Boumerdes, 2002.
- [6] BOEGLIN J-C. et ROUBATY J-L., Pollution industrielle de l'eau Caractérisation, classification, mesure. Technique de l'ingénieur. Volume G 210, volume 2, 2007.
- [7] MECHATI F., Étude des paramètres physico-chimiques avant et après traitement des rejets liquide de (RA1K), mémoire de magister en chimie, option pollution chimique et environnement, 2006.
- [8] BENNAJAH M., Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation-électroflottation en réacteur air lift, Thèse de Doctorat en Génie des procédés et de l'environnement. Institut national polytechnique de Toulouse, 2007.
- [9] HERNANDEZ H.R., Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, Thèse de Doctorat en Systèmes Automatiques. Institut national polytechnique de Toulouse, 2006.
- [10] Jean RODIER et all. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. DUNOD, PARIS, 1996.

- [11] BRAIK Meriem, Analyse de la performance du traitement de l'unité de déshuilage de Hassi R'mel et application du traitement par photocatalyse hétérogène solaire aux eaux huileuses, Mémoire de fin d'étude Master, Université M'hamed Bougara Boumerdès, 2016.
- [12] Boelgin et Roubaty, pollution industriel de l'eau, caractérisation, classification, mesure, 2007.
- [13] LATRACHE Mohammed Seghir, ZERROUKI Abdelkrim, Traitement des eaux huileuses de l'unité de déshuilage de HASSI R'MEL (2018/2019), Mémoire de fin d'étude Master ,Université KASDI Merbah, Ouergla, 2019.

*Chapitre III: Matériels et
méthodes d'analyses*

III.1. Introduction

Il est important d'utiliser dans les chaudières et les tours de refroidissement une eau d'excellente qualité pour obtenir de hauts rendements et éviter la détérioration des équipements. Une eau de qualité médiocre peut encrasser les chaudières et les tours et réduire le rendement, ou provoquer des points chauds conduisant à des ruptures des tubes. Une eau incorrectement traitée peut être corrosive et endommager non seulement la chaudière, mais également l'équipement en aval.

Dans ce chapitre, nous allons résumer le protocole analytique suivi ainsi que le matériel utilisé durant la partie pratique de ce mémoire. Tous les essais expérimentaux ont été menés au laboratoire de la raffinerie RA1K de Skikda.

III.2. Analyses des eaux

La qualité et la quantité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables, elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille. Une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique.

Les analyses des eaux ont pour but de protéger l'installation du complexe car certaines espèces comme le chlorure et le calcium sont des agents corrosifs.

Les paramètres à analyser sont :

- Le potentiel d'hydrogène pH,
- La conductivité,
- Mesure de la quantité de fer,
- Le titre alcalimétrique TA, TAC,
- Calcul des indices de saturation et de stabilité pour déterminer le caractère de l'eau (entartrante ou corrosive).

III.2.1 Détermination du pH

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. Le potentiel hydrogène (ou pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) (appelés aussi couramment protons) en solution plus couramment, le pH mesure, l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C, le pH est mesuré à l'aide du pH mètre (Fig. III.1).

- Une solution de $\text{pH} = 7$ est dite neutre ;
- Une solution de $\text{pH} < 7$ est dite acide ;
- Plus son pH s'éloigne de 7 (diminue) et plus elle est acide ;
- Une solution de $\text{pH} > 7$ est dite basique ;
- Plus son pH s'éloigne de 7 (augmente) et plus elle est basique.



Figure III. 1: Schéma montrant l'appareil pH-mètre [1].

✚ Matériel nécessaire

1. pH-mètre modèle ;
2. Bêchers de 100 ml ;
3. Papier filtre.

✚ Réactifs

1. Solution tampon $\text{pH} = 4,21$;
2. Solution tampon $\text{pH} = 7,00$;
3. Solution tampon $\text{pH} = 9,00$;

✚ Mode opératoire

Dans un bêcher mettre l'échantillon puis tremper l'électrode dans l'échantillon et laisser stabiliser un moment et noter le pH , ces analyses sont dans les normes ASTM D 1293.

III.2.2 Détermination de la conductivité

C'est la mesure de la capacité d'une solution de laisser passer un courant électrique, cette capacité dépend des sels solubles dans l'eau et de la température de mesure, généralement, les sels minéraux présents dans l'eau, sont des bons conducteurs, quant aux matières organiques et colloïdales, elles n'ont que peu de conductivité.



Figure III. 2 : Appareil de conductimètre électrique.

✚ Matériel nécessaire

1. Conductimètre électrique ;
2. Bêchers de 100 ml ;
3. Papier filtre.

✚ Mode opératoire

Ces analyses sont dans les normes SF-T-404-010.

1. Dans un bécher mettre l'échantillon ;
2. Tremper l'électrode dans l'échantillon ;
3. Laisser stabiliser un moment et noter la conductivité ;
4. Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (micro siemens par centimètre).

III.2.3. Détermination de la quantité de fer

L'ion ferreux (Fe^{2+}) forme avec la phénanthrène-1, 10 un complexe rouge qui est utilisé pour la détermination de faibles concentrations de fer, ces analyses sont dans les

normes SF-T-404-005.



Figure III. 3: Détermination de la teneur en fer.

✚ Matériel nécessaire

1. Erlenmeyer en verre de pyrex de 150 ml ;
2. éprouvette gradué de 50 ml ;
3. Pipettes graduées de 10 ml ,5 ml ;
4. Tube à essai de 50 ml ;
5. Papier pH ;
6. Spectrophotomètre UV -visible ;

✚ Mode opératoire

1. Introduire 50 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 150 ml et ajouter quelques gouttes d'acide HCl 1+1 V /V et un morceau de papier de pH qui devient bleu ;
2. Bouillir 10 minutes après refroidir ;
3. Ajouter 1 ml de d'hydroxylamine hydrochlori de $\text{H}_2\text{NOH} \cdot \text{HCL}$ à 10% m/v ;
4. 2 ml de 1, 10-phenanthroline $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ de 0,12 % m/v ;
5. Quelques gouttes de l'ammoniaque NH_4OH 1+1 V/V jusqu'à le changement de la couleur de papier de pH au rose ;
6. Verser le contenu des erlenmeyers dans des tubes à essai de 50 ml et compléter à 50 ml avec l'eau distillée ;
7. Après un temps de réaction de 10 minutes, mesurer l'absorbance à 510 nm.
8. Faire le calcul de la concentration en mg/L.

III.2.4. Détermination du titre alcalimétrique complet TAC

La mesure de l'alcalinité est d'une importance fondamentale dans le processus de traitement de l'eau. L'alcalinité est nécessaire à la détermination des risques d'entartrage et de corrosion des réseaux, ainsi que des remèdes à apporter.

🚦 Mode opératoire

- Remplir la burette de 50 mL d'acide chlorhydrique,
- Prélever 100 mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer,
- Ajouter 5 gouttes de phénolphthaléine et agiter,
- Si aucune coloration n'apparaît : TA = 0,
- Si une coloration rose apparaît : verser doucement l'acide à l'aide de la burette jusqu'à disparition de la coloration avec agitation.

Noter le volume V d'acide nécessaire pour faire disparaître la coloration (Le volume à verser est compris entre 25 et 50 mL)

| Unité | TA | TAC |
|----------------------|-------------------|--------------------------|
| m.eq.L ⁻¹ | $\frac{V(mL)}{5}$ | $\frac{V'(mL) - 0,5}{5}$ |
| °f (degré français) | V | V'(mL) - 0,5 |

Références bibliographiques du chapitre III

- [1] BOULAHROUZ Besma Nada, Mous Ilhem, Substitution du PTE par du MTBE à la raffinerie de Skikda RA1K, Institut Algérienne du Pétrole, Direction Ecole de Boumerdes, 2019.
- [2] GUIBETJ.C., Essences et carburants pour moteurs à allumage commandé, Technique d'ingénieur, b 8544, 10/04/2011.
- [3] BELAIDI Affef, Modélisation et Optimisation des pools essences avant et après réhabilitation de la raffinerie de Skikda, Mémoire de fin d'études, Ecole d'ingénieurs de Boumerdes, 2011.
- [4] SLAMA Amina, Menasria Boutheyna, Amélioration des performances de l'unité de reformage catalytique II (U103) RA1k (Skikda), Mémoire de Master, Université 8 mai 45 Guelma, 2020.
<https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10217>
- [5] IBELAID Karima, Contribution à la formulation d'essences super sans plomb, Projet de fin d'études en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, Ecole nationale polytechnique, Algérie, 2002.
- [6] FRANÇOIS-XAVIER Merlin, Essence sans plomb, Guide d'intervention chimique, 2008.
- [7] ANDRIANANDRASANA, ZAFINDRAZAY Tohisoa, Johan, Etude des caractéristiques et identification des familles chimiques d'un carburéacteur commercialisé à Madagascar, Mémoire de Master, Université d'Antananarivo, 2015.
http://biblio.univantananarivo.mg/pdfs/andrianandrasanaZafindrazayTJ_PC_MAST2_15
- [8] JEAN-JEROME da Costa Soares, Compréhension moléculaire et prédiction des propriétés physicochimiques dans les produits pétroliers, Université de Lyon, France 2017.
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01744088/>

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Ce travail consiste à vérifier par des analyses chimiques l'efficacité de la chaîne de traitement d'eau de chaudière et de la tour de refroidissement.

Pour cerner les problèmes causés par l'eau, nous avons entrepris la démarche d'étude pour le traitement de ce genre de problème (corrosion, entartrage.....). Elle consiste à déterminer les caractéristiques de l'eau d'alimentation des chaudières et l'eau de la tour de refroidissement.

IV.2. Consigne à suivre pour le prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée. Pour cela les bouteilles d'échantillonnage doivent être rincées plusieurs fois avec l'eau à prélever.

Afin d'éviter la dissolution ou l'évaporation des gaz; on remplit la bouteille avec l'eau à analyser, puis on laisse déborder largement, ensuite on ferme le contenant plein à rebord.

- L'échantillon doit toujours être parfaitement identifié, et porté la date de prélèvement.
- Les échantillons sont prélevés dans des contenants en matière plastique.
- Les échantillons à prélever chaque jour sont: Un échantillon d'eau d'alimentation des chaudières, un échantillon d'eau de chaudière et un échantillon d'eau de la tour de refroidissement.

Nous avons effectué des prélèvements au niveau de la chaudière G2 et la tour de refroidissement TOUR A.

IV.3. Analyse de l'eau de chaudière et d'alimentation

IV.3.1. Détermination du pH (méthode potentiométrique)

C'est la détermination de la concentration des ions hydrogène H^+ dans l'eau d'alimentation et l'eau de chaudière. Pour la mesure du pH des eaux, on utilise universellement l'électrode de verre, car elle ne modifie pas l'équilibre aux concentrations gazeuses.

✚ Principe de la méthode

Détermination potentiométrique de la concentration des ions hydrogène dans l'eau.

✚ Appareillage

- 1- PH mètre avec chaîne d'électrode en verre calomel.
- 2- Bêcher de 150 ml.

✚ Mode opératoire

- 1- Tarer le pH mètre avec les solutions tampons (pH = 4, 7, 9)

- 2- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.
- 3- Immerger les électrodes dans l'échantillon agité.
- 4- Lire la température de l'échantillon avec un thermomètre et la régler sur le compensateur de température sur PH mètre.
- 5- Effectuer la lecture du pH.

Techniques de mesure

Après avoir étalonné le pH-mètre, plonger l'électrode dans l'échantillon et attendre jusqu'à ce que la valeur du pH se stabilise. Le tableau IV.1 donne la classification des eaux selon la valeur de pH mesurée.

Tableau IV. 1: Classification des eaux selon la valeur de pH.

| Valeur | Signification |
|--------------------|--|
| 0 | Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles |
| pH =7 | Ph neutre |
| 7 < pH | Neutralité approché => majorité des eaux de surface |
| 5,5 < pH | Majorité des eaux souterraines |
| pH =8 | Alcalinité forte, évaporation intense |

Les résultats de mesure de pH des eaux d'alimentation et de chaudière sont représentés par les figures IV.1 et IV.2.

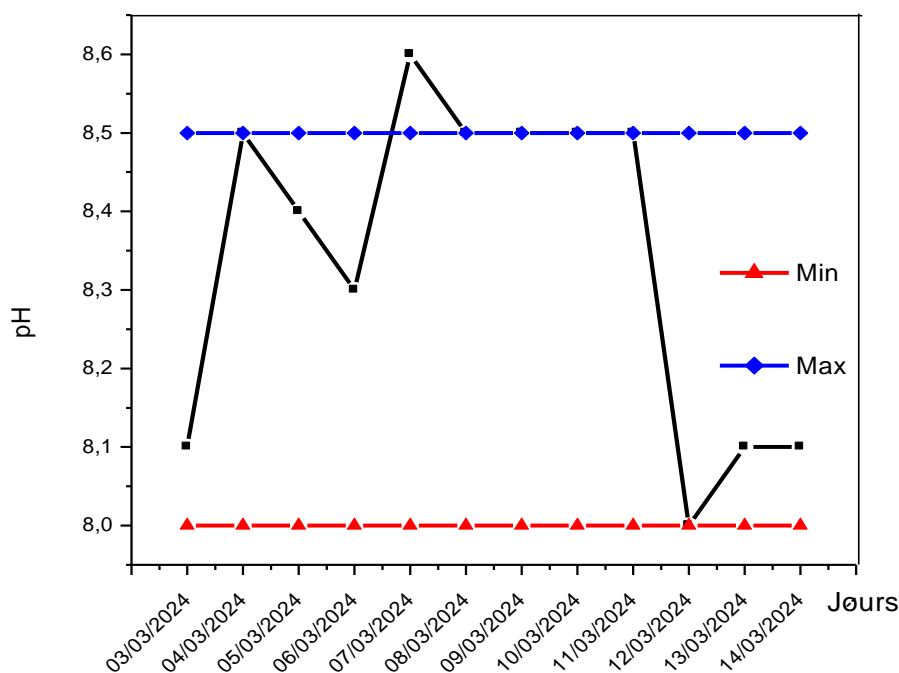


Figure IV. 1 : Variation du pH de l'eau d'alimentation en fonction du temps.

Interprétation des résultats

D'après la figure IV.1, on constate que les valeurs de pH de l'eau d'alimentation de la chaudière sont dans les normes sauf la valeur du pH du 08/3/2024 qui était supérieur à 8,5, ce qui peut être due à une mauvaise préparation de la solution d'hydrazine injectée dans l'eau d'alimentation. L'hydrazine (N_2H_4) est une base minérale faible considérée comme un réducteur puissant qui réagit avec l' O_2 pour élever le pH jusqu'à 8,5.

On note que la valeur de tolérance minimale de pH est 8 et la limite de tolérance maximale est 8,5.

Il est important de souligner que la zone de pH joue un rôle essentiel, lorsque le pH dépasse les normes, cela peut avoir un impact sur la qualité de l'eau et peut entraîner certains problèmes dans les chaudières. Les valeurs inférieures aux normes peuvent provoquer un milieu corrosif.

En général, la valeur du courant de corrosion diminue lorsque le pH augmente, il est nécessaire de le réviser régulièrement.

Pour les valeurs du pH de l'eau de chaudière (Fig.IV.2), on constate qu'elles se situent dans la plage standard, certains dépassants la norme. L'ajout du phosphate trisodique (Na_3PO_4) comme base minérale a pour effet d'élever le pH à 10 et sert également à maintenir la couche de magnétite (Fe_3O_4). Il réagit avec les carbonates de calcium et de magnésium (à haute

température) qui seront dégagées par les voies des purges. Par conséquent, la préparation de la solution du phosphate trisodique a une grande importance pour maintenir le pH dans les normes et éliminer tous types de réaction qui peut nuire à l'acier.

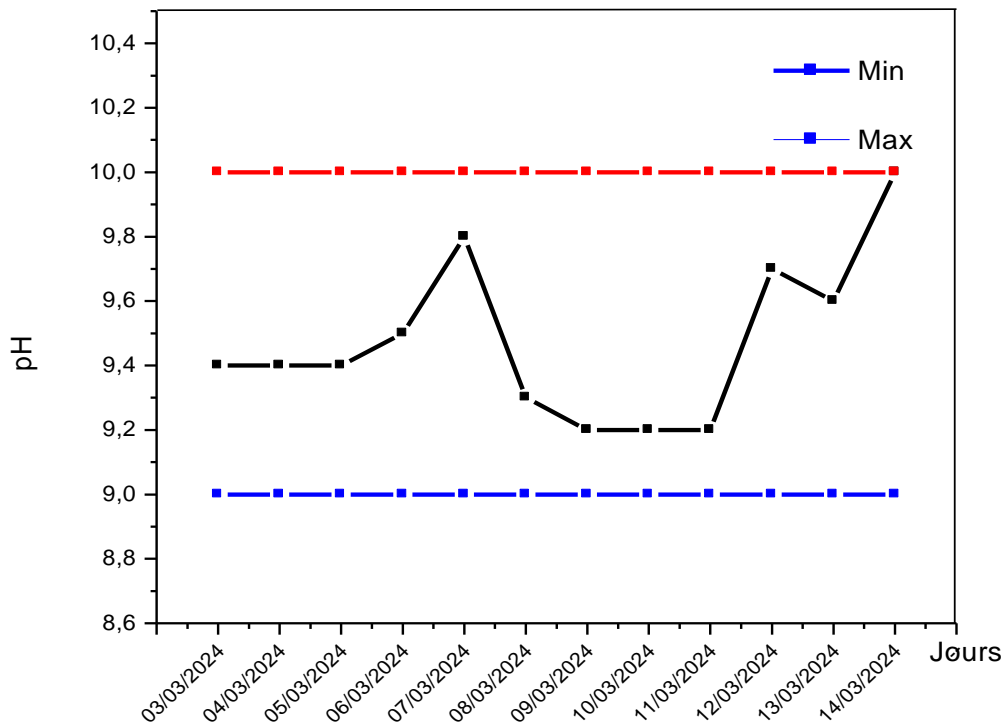


Figure IV. 2 : Variation du pH de l'eau de chaudière en fonction du temps.

IV.3.2. Détermination de la conductivité électrique

La conductivité électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes.

Après rinçage de l'électrode du conductimètre avec de l'eau distillée, on procède à la mesure de la conductivité de l'eau d'alimentation et l'eau de chaudière, on plonge les électrodes dans la solution utilisée, elle est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les figures IV.2 et IV.3 montrent l'évolution de la conductivité en fonction du temps.

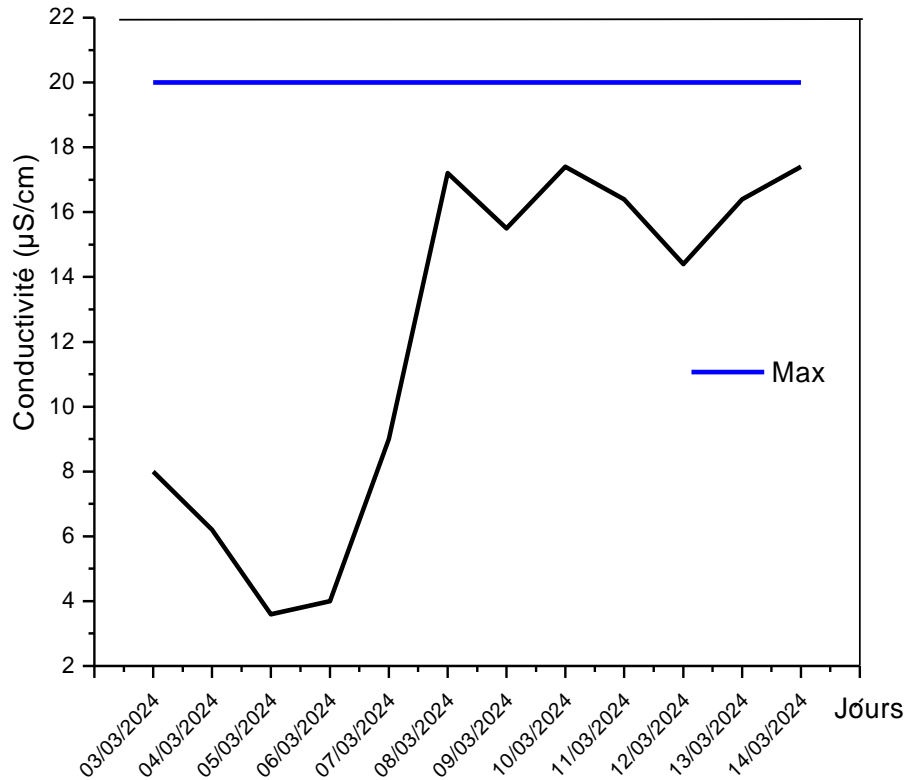


Figure IV. 3 : Evolution de la conductivité de l'eau d'alimentation de chaudière en fonction du temps.

Interprétation des résultats

On remarque d'après les figures IV.3 et IV.4 que les mesures de conductivité obtenues pour l'eau d'alimentation respectent les normes, tandis que pour l'eau de chaudière, on constate qu'elles sont dans les normes avec quelques dépassements.

Il est à rappeler que la conductivité est un facteur très important dans le déclenchement du phénomène de la corrosion.

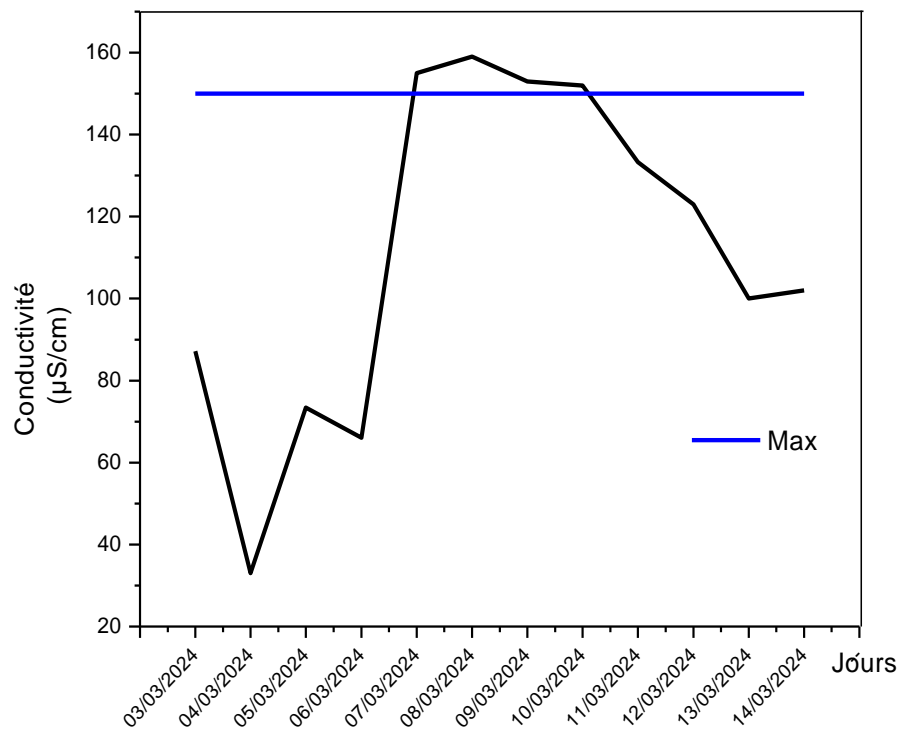


Figure IV.4 : Evolution de la conductivité de l'eau de chaudière en fonction du temps.

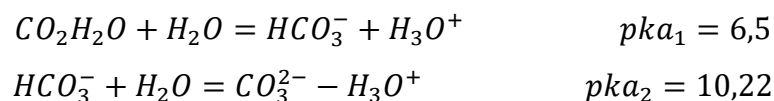
IV.3.3. Détermination du titre alcalimétrique complet TAC

L'alcalinité totale de l'eau est donnée par la somme des différentes formes d'alcalinité existantes, soit par la concentration des hydroxydes, des carbonates et des bicarbonates, s'exprime en ppm m/V (ou mg/L) de carbonate de calcium (CaCO_3) ou en degrés français. Le titre TAC a une importance fondamentale dans la connaissance de la capacité d'entartrage de l'eau dans le traitement des eaux de refroidissement

✚ Principe de la méthode

L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution titrée d'acide fort en présence, soit de phénolphtaléine (TA), soit d'hélianthine (TAC).

Les pKa de l'acide carbonique sont les suivants :

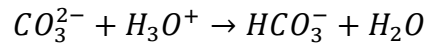
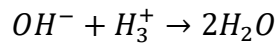


Le TA permet donc de connaître :

- la totalité des hydroxydes
- la moitié des carbonates.

Le TAC permet donc de connaître :

- La totalité des hydroxydes
- La totalité des carbonates
- La totalité des bicarbonates



Les résultats obtenus sont représentés par les figures IV.5 et IV.6.

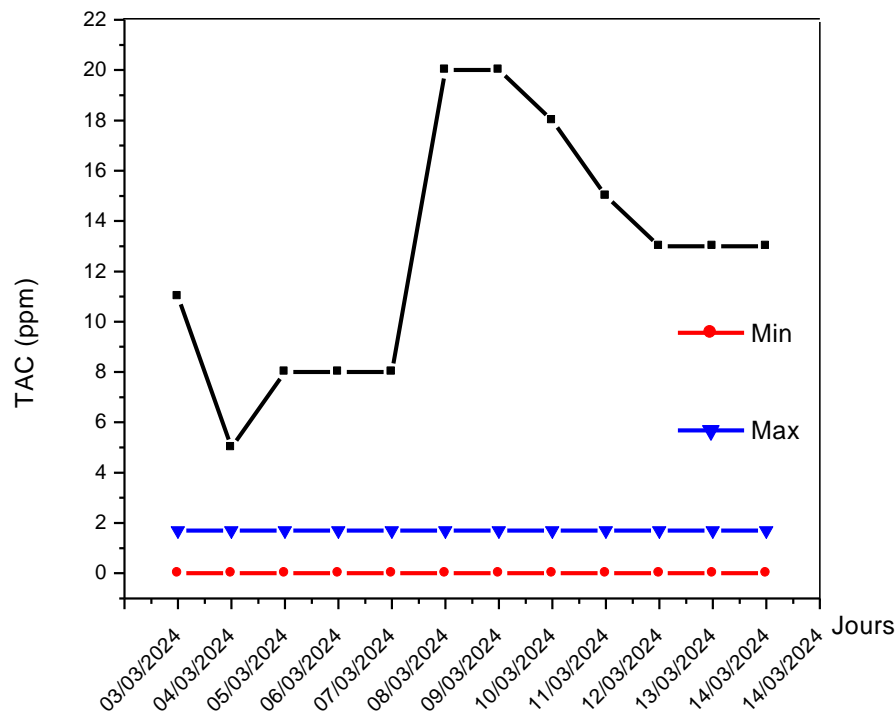


Figure IV. 5 : Evolution du TAC de l'eau d'alimentation de chaudière en fonction du temps.

Discussion des résultats

On remarque que les valeurs de TAC de l'eau d'alimentation sont très élevées. Cette augmentation peut s'expliquer par la présence des ions OH^- due au pH élevé (8,5), la présence des ions CO_3^{2-} et HCO_3^- , est expliquée par le mauvais traitement de l'eau (dessalement et dégazage) entraînant l'eau contenant CO_2 dissout et les carbonates de calcium et de magnésium. Cela peut causer de sérieux dommages au niveau de la chaudière. Dans les circuits, le pH constitue avec d'autres paramètres comme le TAC des éléments de l'équilibre calcocarbonate.

On constate également que les valeurs du TAC de l'eau de chaudière pendant la période de stage du 04/3/2024, 07/3/2024, 09/3/2024, 12/3/2024, 13/3/2024 et 14/3/2024 dépassent la

limite supérieure (Fig.IV.6). Cela peut provoquer une augmentation de la viscosité et de l'entartrage au niveau des tubes de la chaudière et peut causer de sérieux dommages au niveau de la chaudière.

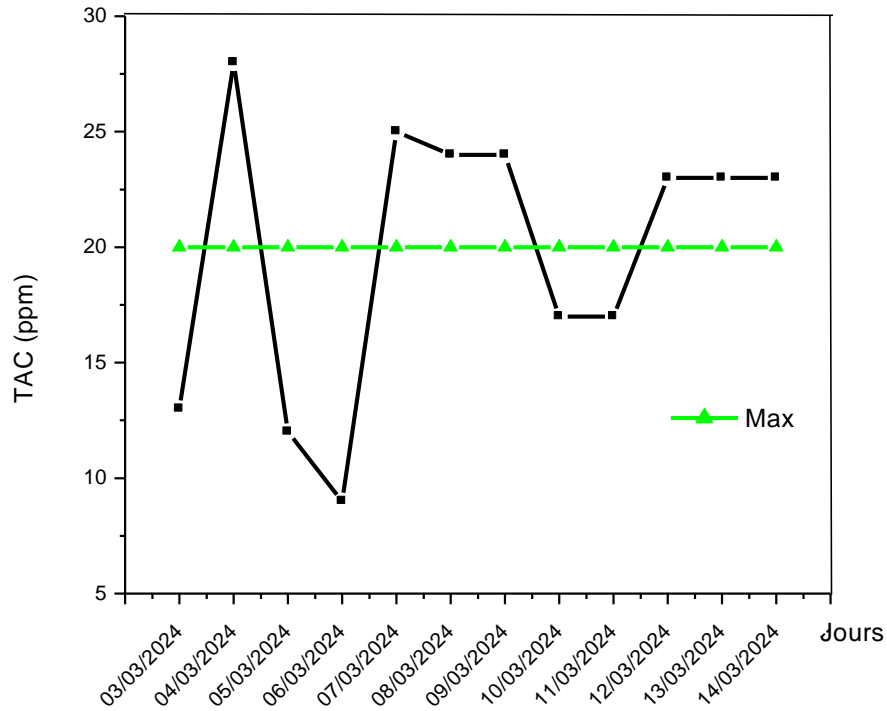


Figure IV.6 : Evolution du TAC de l'eau de chaudière en fonction du temps.

IV.3.4. Détermination de la quantité de fer de l'eau

L'ion ferreux (Fe^{2+}) forme avec la phénanthrène-1, 10, un complexe rouge qui est utilisé pour la détermination de faibles concentrations de fer. Les résultats de la mesure du fer dans l'eau d'alimentation de chaudière sont illustrés par la figure IV.7.

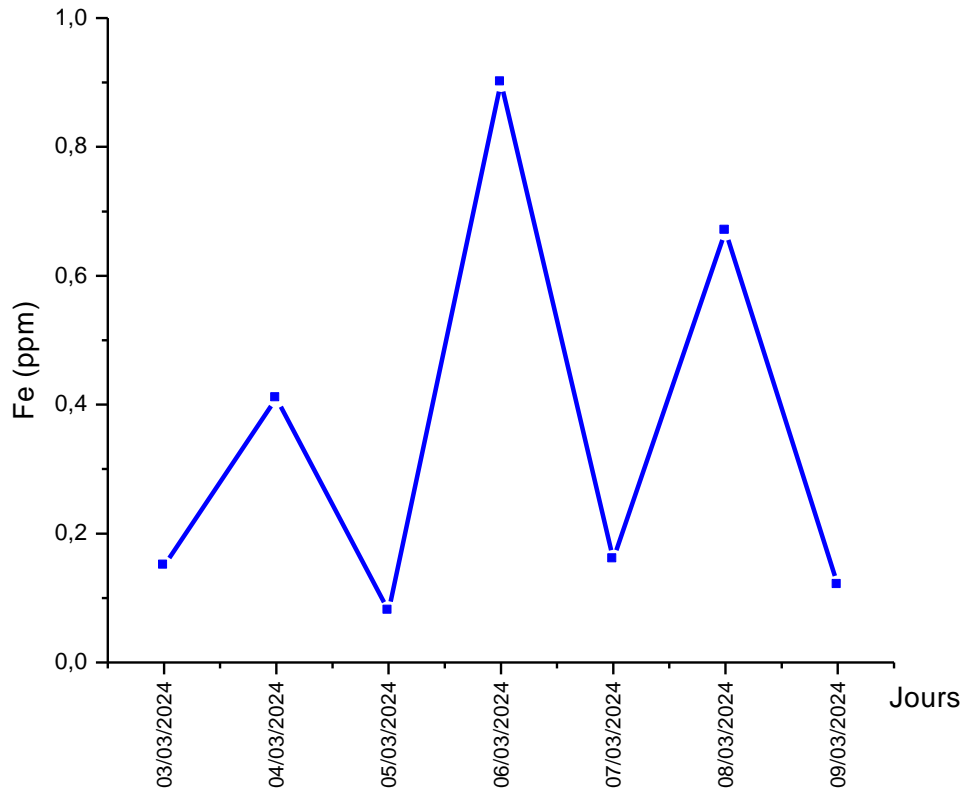


Figure IV.7 : La teneur en Fe dans l'eau d'alimentation de chaudière.

Discussion des résultats

La Figure IV.7 montre la variation de la quantité de fer dans l'eau d'alimentation de chaudière.

Nous remarquons que ces quantités sont au-dessus de la norme fixée à $\leq 0,1$ ppm avec un pic maximale de 0,89 ppm observé le 06/3/2024.

VI.4. Analyse de l'eau de refroidissement

Pour la détermination du caractéristique de l'eau de refroidissement, on utilise une extrapolation de la LANGELIER, qui a défini le pHs de saturation ou d'équilibre pH par la formule suivante :

$$\text{pHs} = (\text{Pk}'_2 - \text{Pk}'_s) + \text{P}(\text{Ca}^{++}) + \text{P}(\text{HCO}_3^-)$$

Avec :

$$\text{Pk}'_2 = -\log \left(\frac{[\text{H}^+]. [\text{CO}_3^{--}]}{[\text{HCO}_3^-]} \right)$$

$$\text{Pk}'_s = -\log ([\text{Ca}^{++}]. [\text{CO}_3^{--}])$$

$P(\text{Ca}^{++}) + P(\text{HCO}_3^-)$: des grandeurs tirées des diagrammes de LANGELIER

Un indice de saturation **Is** égal à la différence entre le pH réel mesuré d'une eau considérée et son pHs calculé.

$$\mathbf{Is = pH - pHs}$$

pHs : le pH de saturation calculé à partir des valeurs de dureté calcique TAC, salinité et la température.

Tableau IV. 2 : Caractère de l'eau en fonction de l'indice de Langelier.

| Indice de LANGELIER | Caractère de l'eau |
|---------------------|---------------------------------|
| Is inférieur à 0 | L'eau est agressive |
| Is supérieur à 0 | L'eau est incrustante |
| Is = 0 | L'eau est en équilibre chimique |

b) Indice de RYZNAR

A partir des mêmes éléments, RYZNAR a introduit la notion d'indice de stabilité **IR**, qui se calcule comme suit :

$$\mathbf{IR = 2\ pHs - pH}$$

L'indice théorique de RYZNAR permet de connaître le comportement d'une eau et de prévoir la tendance des eaux de circuits à l'entartrage ou à la corrosion (Tableau IV.3).

Tableau IV. 3 : Tendance de l'eau en fonction de l'indice de RYZNAR.

| Indice de stabilité de RYZNAR | Tendance de l'eau |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 4,5 à 5,0 | Très incrustante |
| 5,0 à 6,0 | Faible incrustant |
| 6,0 à 7,0 | Faible incrustant ou corrosion |
| 7,0 à 7,5 | Corrosive |
| 7,5 à 9,0 | Forte corrosion |
| >9,0 | Très forte corrosion |

Les indices de saturation et de stabilité des eaux d'appoint et du tour A pendant la durée de notre stage sont représentés par les figures IV.8 et IV.9 respectivement.

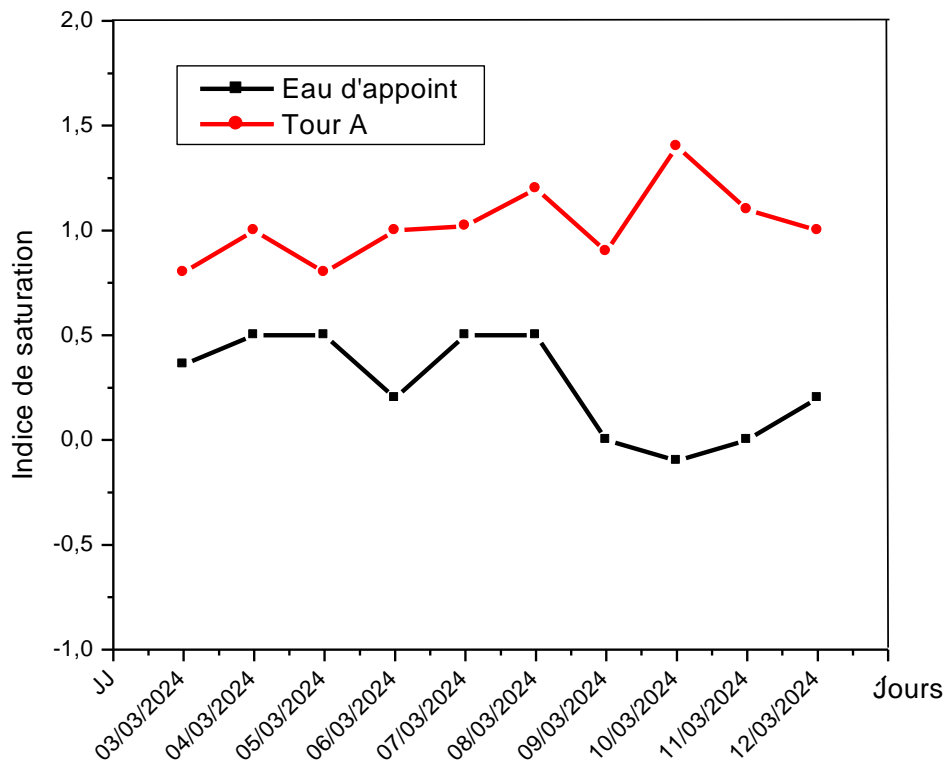


Figure IV. 8 : Evolution de l'indice de saturation en fonction du temps.

Interprétation des résultats

+ Eau d'appoint

Nous constatons d'après les courbes des figures IV.8 et IV.9 que la variation de l'indice de saturation (I_s) en fonction du temps de l'eau d'appoint du 10/3/2024 n'est pas stable et agressive (corrosive).

Circuit A

Nous remarquons également dans la figure IV.8 que presque toutes les valeurs de l'indice de saturation du tour A sont supérieures à zéro ce qui indique que l'eau de circuit A est incrustante. Dans ce cas, l'eau a un caractère plus entartrant et a tendance à déposer des sels de calcium (carbonate...) sur les parois intérieures des canalisations.

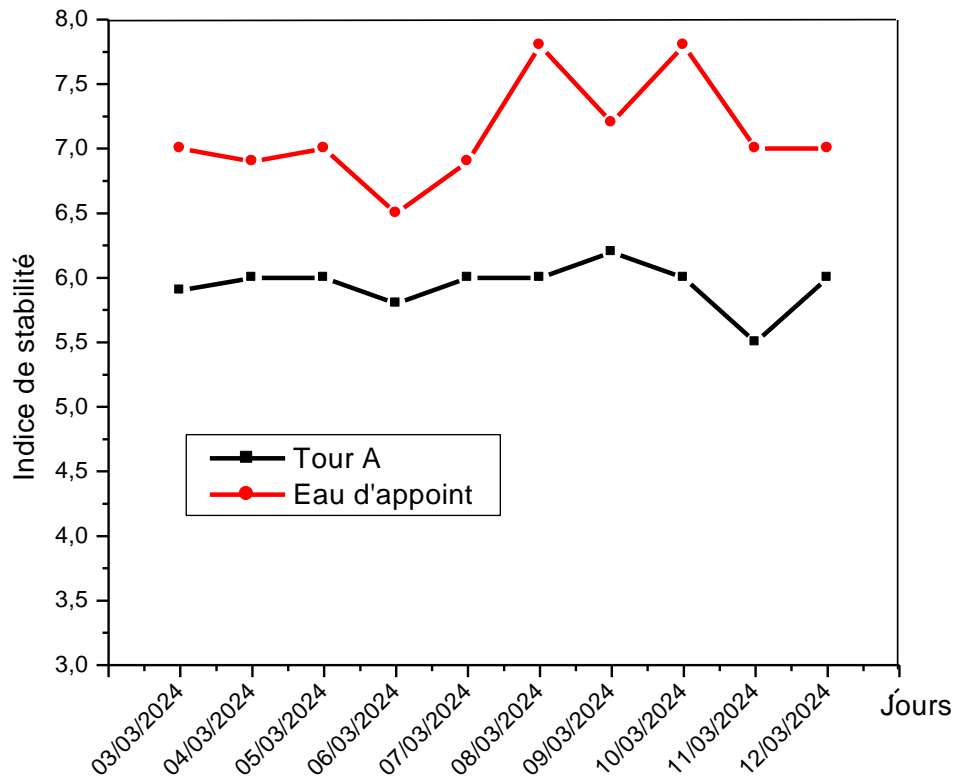


Figure IV. 9 : Evolution de l'indice de stabilité en fonction du temps.

Références bibliographiques du chapitre IV

- [1] LARKAM F., BACEL S., Traitement des eaux « effluent », Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle, option : Génie de l'environnement, 2005.
- [2] MEKHALIF F., Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées, Mémoire de magister en chimie, option pollution chimique et environnement, Université 20 aout 1955, Skikda, 2009.
- [3] CHERFAOUI A., Etude de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie de pétrole d'Alger, Article Institut Algérien du Pétrole, IAP, Boumerdes, 2002.
- [4] BOEGLIN J-C. et ROUBATY J-L., Pollution industrielle de l'eau Caractérisation, classification, mesure. Technique de l'ingénieur. Volume G 210, volume 2, 2007.
- [5] MECHATI F., Étude des paramètres physico-chimiques avant et après traitement des rejets liquide de (RAIK), mémoire de Magister en chimie, option pollution chimique et environnement, 2006.
- [6] BENNAJAH M., Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation-électroflottation en réacteur air lift, Thèse de Doctorat en Génie des procédés et de l'environnement. Institut national polytechnique de Toulouse, 2007.
- [7] HERNANDEZ H.R., Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, Thèse de Doctorat en Systèmes Automatiques, Institut national polytechnique de Toulouse, 2006.

Conclusion générale

Conclusion générale

La réutilisation des eaux résiduaires après leur épuration à des fins domestiques, agricoles ou industrielles est devenue l'une des solutions qui peut répondre aux problèmes de pénurie de l'eau dans le monde, et les besoins croissants en cette matière.

L'eau recyclée dans les circuits de refroidissement doit répondre à certaines normes dont dépend le choix des phases d'épuration ou le traitement que subit l'eau polluée. Pour répondre à cette problématique, cette étude a été développée selon les axes suivants.

Le traitement des eaux de refroidissement propose des solutions concrètes couvrant l'ensemble des problèmes que pose la gestion de circuits de refroidissement industriel.

Cette étude avait pour objectif principal l'étude de la qualité des eaux usées traitées au niveau de la station de traitement des eaux polluées (STEP) de la raffinerie RA1K de Skikda, dans le but de les réutiliser dans les chaudières et dans les tours de refroidissement de la raffinerie.

Ce travail nous a permis de déterminer l'efficacité de la chaîne de traitement de l'eau et la détermination de certains paramètres propres à la corrosion; après avoir suivi la chaîne de traitement chimique de l'eau destinée à la production de la vapeur.

L'étude comparative des eaux avant et après traitement avec les normes recommandées (rejet industriels et refroidissement des tours) a permis de dégager les conclusions suivantes :

Après avoir suivi la chaîne de traitement d'eau destinée à la production de vapeur nous constatons d'après les résultats obtenus que ;

- La valeur du TAC dépasse la limite supérieure.
- La qualité de l'eau d'alimentation des chaudières est agressive.
- Les eaux de refroidissement sont très entartrant.

L'augmentation l'un de ces paramètres (TAC, Fe, pH, conductivité...) peut influencer négativement sur le fonctionnement des tours de refroidissement, en causant des problèmes techniques tels que : pertes énergétiques, diminution du transfert de chaleur et augmentation de consommation des produits nettoyants.

Nous suggérons d'effectuer des analyses périodiques et continues des eaux utilisées dans les circuits de refroidissement afin d'augmenter la durée de vie des équipements utilisés.

Résumé

Les procédés de traitement du pétrole brut qui exige d'énormes quantités pour le dessalage du brut, production de la vapeur, refroidissement de quelques procédés sans oublier son utilisation par le personnel (sanitaire, eau potable...).

La pollution des eaux ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques et les déchets industriels.

Aujourd'hui la possibilité d'installer des systèmes de refroidissement spécifiquement adaptés aux applications industrielles sont des facteurs clés pour maintenir une fiabilité et une continuité de la production. Les circuits alimentés par des eaux naturelles, sont confrontés à des problèmes au niveau des parois en contact avec l'eau, à cet effet, le contrôle de ces différents problèmes dans le laboratoire, est essentielle pour une bonne exploitation du système de refroidissement et des chaudières.

L'objectif de ce présent travail, est d'évaluer les caractéristiques physiques et chimiques des eaux de refroidissement et des chaudières au sein de la raffinerie RA1K de Skikda.

Après avoir suivi la chaîne de traitement d'eau destinée à la production de vapeur nous constatons d'après les résultats obtenus que :

- L'eau d'alimentation des chaudières, le pH, dépasse la norme en absence de l'hydrazine.
- Les eaux traitées à l'aval pourraient donc être réutilisées dans le refroidissement des tours et diminueraient donc le coût d'achat des eaux brutes.

Mots clés : Eau, méthodes d'analyses, chaudières, Tours de refroidissement, Raffinerie RA1K de Skikda.

Abstract

Crude oil treatment processes require huge quantities of water for desalting the crude, producing steam and cooling some processes, not forgetting its use by personnel (sanitation, drinking water, etc.).

Water pollution or contamination can be defined as the degradation of water by modifying its physical, chemical and biological properties; through spills, discharges, direct or indirect deposits of foreign bodies or undesirable materials such as micro-organisms, toxic products and industrial waste.

Today, the ability to install cooling systems specifically adapted to industrial applications is a key factor in maintaining production reliability and continuity. Circuits fed by natural water are confronted with problems at the level of the walls in contact with the water, so controlling these different problems in the laboratory is essential for good operation of the cooling system and the boilers.

The aim of this study is to evaluate the physical and chemical characteristics of the cooling water and boiler water at the RA1K refinery in Skikda.

After monitoring the water treatment chain for steam production, the results obtained show that :

- Boiler feed water PH exceeds the standard in the absence of hydrazine.
- The water treated downstream could therefore be reused to cool the towers, thereby reducing the cost of purchasing raw water.

Key words : Water, Analysis methods, Boilers, Cooling towers, Skikda RA1K refinery.

ملخص

عمليات معالجة النفط الخام والتي تتطلب كميات هائلة من تحلية الخام وإنتاج البخار وتبريد بعض العمليات دون أن ننسى استخدامه من قبل العاملين (الصحة، مياه الشرب، وغيرها).

يمكن تعريف تلوث المياه أو تلوث المياه بأنه تدهور المياه عن طريق تعديل خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية؛ عن طريق الانسكابات أو الإطلاقات أو الترسبات المباشرة أو غير المباشرة للأجسام الغريبة أو المواد غير المرغوب فيها مثل الكائنات الحية الدقيقة والمنتجات السامة والنفايات الصناعية.

اليوم، تعد إمكانية تركيب أنظمة تبريد مكيفة خصيصاً للتطبيقات الصناعية من العوامل الرئيسية في الحفاظ على الموثوقية واستمرارية الإنتاج. تواجه الدوائر التي يتم إمدادها بالمياه الطبيعية مشاكل على مستوى الجدران الملامسة للماء، ولهذا الغرض، يعد التحكم في هذه المشاكل المختلفة في المختبر أمراً ضرورياً للتشغيل الجيد لنظام التبريد والغلايات.

الهدف من هذا العمل هو تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه التبريد والغلايات داخل مصفاة RA1K سكيكدة.

وبعد متابعة سلسلة معالجة المياه المخصصة لإنتاج البخار نلاحظ من النتائج التي تم الحصول عليها ما يلي:

-مياه تغذية الغلايات pH تتجاوز المعيار في حالة عدم وجود الهيدرازين.

-وبالتالي يمكن إعادة استخدام المياه المعالجة في اتجاه مجرى النهر في تبريد الأبراج، وبالتالي تقليل تكلفة شراء المياه الخام.

الكلمات المفتاحية: المياه، طرق التحليل، الغلايات، أبراج التبريد، مصفاة سكيكدة